ต้นแบบระบบการหาเส้นทางค่าโทรศัพท์ที่มีต้นทุนต่ำที่สุด

พิชัย ธีระโรจน์สกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
พ.ศ. 2557

Telephone Least-Cost-Routing Prototype System

Pichai Teerarojsakul

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Computer and Telecommunication

Faculty of Engineering, Dhurakij Pundit University

2014

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ต้นแบบระบบการหาเส้นทางค่าโทรศัพท์ที่มีต้นทุนต่ำที่สุด
ชื่อผู้เขียน	พิชัย ธีระโรจน์สกุล
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจาร์ย ดร.ชัยพร เขมะภาตะพันธ์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจาร์ย ดร.ธนัญ จารุวิทยโกวิท
สาขาวิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์และโทรคมนาคม
ปีการศึกษา	2556

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันการใช้โทรศัพท์เป็นระบบการสื่อสารหลักของทุกองค์กร โดยเฉพาะองค์กรขนาดใหญ่ที่มีการโทรศัพท์ไปยังระบบปลายทางที่เป็นโทรศัพท์เคลื่อนที่ และโทรศัพท์ทางไกลระหว่างประเทศ ทำให้ค่าใช้จ่ายในการติดต่อสื่อสารประเภทนี้สูงมาก ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะลดค่าใช้จ่ายในการสื่อสารในกรณีนี้ให้ต่ำที่สุด โดยได้ออกแบบและพัฒนาระบบการหาเส้นทางโทรศัพท์ที่มีต้นทุนต่ำที่สุดด้วยเทคโนโลยี VoIP ต้นแบบที่พัฒนาสามารถเลือกเส้นทางการโทรออกไปยังปลายทางไม่ว่าจะเป็นโทรศัพท์พื้นฐาน โทรศัพท์เคลื่อนที่ และโทรศัพท์ทางไกลระหว่างประเทศ โดยให้เกิดต้นทุนค่าบริการต่ำที่สุดให้อย่างอัตโนมัติ โดยระบบจะมีการเปรียบเทียบค่าบริการเมื่อผู้ใช้งานโทรออกโดยใช้โครงข่ายต่าง ๆ และจะเลือกเส้นทางที่มีค่าบริการต่ำที่สุดในสถานการณ์นั้น ๆ โดยมีเงื่อนไขคือผู้ใช้งานจะต้องสามารถโทรศัพท์ได้ถ้ามีวงจรว่างอยู่

งานวิจัยนี้พัฒนาด้วยใช้ Asterisk เวอร์ชั่น 10.8.13 เป็นโปรแกรมหลักของระบบ เชื่อมต่อไปยังโครงข่ายโทรศัพท์พื้นฐาน 1 ช่องทาง โทรศัพท์เคลื่อนที่ 3 ช่องทาง โดยผ่านการ์ด 4 FXO (Foreign Exchange Office) และโทรศัพท์ผ่านอินเตอร์เน็ต 1 ช่องทาง ระบบจะเรียกใช้ฟังชั่นในระบบ Asterisk ที่ชื่อ PHP.AGI ในการคำนวณเส้นทางสำหรับโทรออกไปยังปลายทางโดยระบบจะเปรียบเทียบฐานข้อมูลเบอร์โทรศัพท์ในระบบ กับอัตราค่าโทรศัพท์ตามโปรโมชั่นที่ผู้ดูแลระบบเป็นระบุไว้ รวมถึงการเก็บข้อมูลการโทรศัพท์ในแต่ละครั้งของการโทรออกไปยังปลายทางสำหรับตรวจสอบข้อมูลการโทรออก ผลการทดสอบการใช้งานพบว่าระบบสามารถทำงานตามขอบเขตที่ตั้งไว้ได้เป็นอย่างดี

Thesis Title	Telephone Least-Cost-Routing Prototype System
Author	Pichai Teerarojsakul
Thesis Advisor	Chiyaporn Khemapatapan, Ph.D
Co-Thesis Advisor	Tanun Jaruvitayakovit, Dr.Eng.
Department	Computer and Telecommunication Engineering
Academic Year	2013

ABSTRACT

Nowadays a telephone system is a major means of communication for all organizations, especially those with heavy uses of mobile phone or international calls. Tremendous expense has been spent in these services. This research aims to minimize the cost of telephone service by designing and developing the system using VoIP technology that enables users to choose the most cost-effective way to reach the destinations. The designed system is applicable to all phone services including residential telephone, mobile phone or international call. The system automatically compares the service charges among providers and chooses the one with least cost in any situation. One condition that was used in the system design is a user shall able to use the telephone service if there is a circuit available.

This work is developed by using Asterisk 10.8.13 as a major program, which links to one port of residential telephone, three ports of mobile phone and another port of internet phone via FXO (Foreign Exchange Office) card. Asterisk system called PHP.AGI for calculating the cost of outgoing call, compare the database with cost that specified by admin. The system can record the call usage for further checking. Testing result indicated that the system works well according to the objective.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาเป็นอย่างยิ่งจาก อาจารย์ ดร.ธนัญ จารุวิทยโกวิท อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ ที่คอยให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษา ตลอดจนแนวทางในการแก้ไขปัญหาต่างๆ ขอขอบคุณ อาจารย์ ดร.ชัยพร เขมะภาตะพันธ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ให้ข้อคิดเห็นและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย และเอาใจใส่นักศึกษาเสมอมา

ขอขอบคุณ ดร.ประศาสน์ จันทราทิพย์ และ อาจารย์ ดร.ณรงค์เดช กีรติพรานนท์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่สละเวลามาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย รวมทั้งให้แนวคิดเพิ่มเติม และขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ช่วยดำเนินเรื่องต่างๆ ให้เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ร่วมรุ่น ที่คอยให้กำลังใจสำหรับการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ท้ายสุดนี้ขอขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่ อาม่า อาโกว ตลอดจนคนในครอบครัวของผู้วิจัย ที่คอยให้กำลังใจ และสนับสนุนผู้วิจัยในทุกๆ ด้าน ตลอดระยะเวลาการศึกษาจวบจนสำเร็จการศึกษา

พิชัย ธีระโรจน์สกุล

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ……. ฆ

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ……. ง

กิตติกรรมประกาศ……... จ

สารบัญตาราง……..……. ซ

สารบัญภาพ……..…….…….. ญ

บทที่

1. บทนำ……..…… 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา..…….. 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย...…….. 2

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย……. 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ...……... 3

1.5 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย..... 3

1.6 แผนการดำเนินงาน..... 4

2. แนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง……..…… 5

2.1 ความรู้พื้นฐานของระบบ VoIP…… 5

2.2 ความรู้พื้นฐานของมาตรฐาน H.323……..……..…….... 6

2.3 ความรู้พื้นฐาน SIP ……..…….…… 8

2.4 ผลงานวิจัย/ผลิตภัณฑ์ ที่เกี่ยวข้อง...……..… 14

3. ระเบียบวิธีวิจัย…… 19

3.1 แนวทางการวิจัยและพัฒนา…….. 19

3.2 รูปแบบการเชื่อมต่อของระบบที่พัฒนา .....……... 20

3.3 หลักการทำงานของระบบที่พัฒนา.....…..……..….. 21

4. ผลการทดลอง…..……..... 45

4.1 การทดสอบระบบ.....……..……. 45

4.2 อุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบระบบ……..... 46

4.3 หัวข้อทดสอบระบบ.....…….. 46

สารบัญ

บทที่	หน้า
5. สรุปผล และข้อเสนอแนะ…..……	66
5.1 สรุปผลการวิจัย……..…....	66
5.2 ข้อจำกัด.....…….	67
5.3 ข้อเสนอแนะ……..……..	68
บรรณานุกรม……..	69
ภาคผนวก……	72
ประวัติผู้เขียน……..…..	81

DPU

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1.1 แผนการดำเนินงานวิจัย..... 4

2.1 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยที่นำเสนอ..... 18

3.1 ตาราง chk_number 39

3.2 ตาราง counfiguration..... 39

3.3 ตาราง movesp 39

3.4 ตาราง normalrate 40

3.5 ตาราง prefixcountry 40

3.6 ตาราง promotion 40

3.7 ตาราง summarylog 41

3.8 ตารางแสดงความหมายของคำศัพท์ในตารางทั้งหมด 43

4.1 ตารางผลการทดสอบเพิ่มลดโปรโมชั่นในระบบ..... 50

4.2 ผลการทดสอบการกำหนดเครือข่ายให้เบอร์โทรศัพท์เคลื่อนที่..... 51

4.3 ผลการทดสอบการย้ายเครือข่ายเบอร์โทรศัพท์เคลื่อนที่ 53

4.4 ผลการทดสอบใส่รหัสโทรข้ามประเทศและรหัสประเทศ 54

4.5 แสดงผลการทดสอบระบุรหัสเบอร์โทรศัพท์ท้องถิ่น 55

4.6 ผลการทดสอบการโทรออกไปยังปลายทางที่เป็นโทรศัพท์ทางไกลระหว่างประเทศ 56

4.7 ผลการทดสอบโทรออกไปยังปลายทางทั้ง 4 รูปแบบเครือข่ายปลายทางในกรณีที่ทุกคู่สายพร้อมใช้งาน 57

4.8 ผลการทดสอบโทรออกไปยังปลายทางในกรณีที่คู่สายที่มีอัตราค่าโทรถูกที่สุดอันดับ 1 ไม่พร้อมใช้งาน 4 รูปแบบปลายทาง 58

4.9 ผลการทดสอบโทรออกไปยังปลายทางในกรณีที่คู่สายที่มีอัตราค่าโทรถูกที่สุดอันดับ 1, 2 ไม่พร้อมใช้งาน 4 รูปแบบปลายทาง..... 59

4.10 ผลการทดสอบโทรออกไปยังปลายทางในกรณีที่คู่สายที่มีอัตราค่าโทรถูกที่สุดอันดับ 1, 2 และ 3 ไม่พร้อมใช้งาน 4 รูปแบบปลายทาง 60

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.11 ผลการทดสอบโทรออกไปยังปลายทางในกรณีที่คู่สายที่มีอัตราค่าโทรถูกที่สุด อันดับ 1 2 3 และ 4 ไม่พร้อมใช้งาน 4 รูปแบบปลายทาง 61
4.12 ผลการทดสอบเก็บข้อมูลการใช้งานในกรณีที่เชื่อมต่อกับ SIP Trunk …… 63
4.13 ผลการทดสอบการเก็บข้อมูลการใช้งานเชื่อมต่อไปยังเครือข่าย PSTN..……. 63
4.14 ตารางสรุปผลการทดสอบทั้งหมด..... 64
5.1 สรุปผลการทดงานตามขอบเขตส่วนบริการสำหรับผู้ใช้ทั่วไป……..……. 66
5.2 สรุปผลการทำงานตามขอบเขตส่วนการกำหนดค่าในระบบ สำหรับผู้ดูแลระบบ……..... 67

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 หลักการทำงานของ H.323……..... 7

2.2 หลักการทำงานของ SIP ……..... 9

2.3 การ์ด 4 FXO ……..... 12

2.4 อุปกรณ์GSM gateway ……..... 12

2.5 โครงสร้างของระบบ IP-PBX ……..……..……..... 13

2.6 Soft-phone ……..……..……..... 14

2.7 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของงานวิจัย.....……..... 16

2.8 อุปกรณ์ Ucall……..……..…….. 17

3.1 การต่ออุปกรณ์ของระบบต้นแบบการหาเส้นทางโทรศัพท์ ……. 20

3.2 รูปแบบการทำงานของระบบ.....……..…. 22

3.3 Flowchart รูปแบบการทำงานของระบบ...……..….. 23

3.4 การทำงานของระบบในการเลือกเส้นทางอย่างละเอียด.....…….…..... 24

3.5 Code ที่ใช้ตรวจสอบเบอร์ที่ศัพท์ที่ได้รับมา.....……..... 25

3.6 Code ตัดรหัสโทรทางไกล 3 หลักออกแล้ว.....……..... 27

3.7 หน้าต่างการใส่ข้อมูลรหัสทางไกลระหว่างประเทศ 28

3.8 หน้าต่างการใส่รูปแบบโปรโมชั่น ……... 29

3.9 แสดงหน้าจอสำหรับใส่รหัสโทรศัพท์ท้องถิ่น.....……. 30

3.10 Code ตรวจสอบหาเบอร์โทรศัพท์ท้องถิ่น 31

3.11 หน้าต่างใส่เบอร์โทรศัพท์สำหรับเบอร์โทรศัพท์ .....…… 32

3.12 หน้าต่างสำหรับเปลี่ยนแปลงข้อมูลเบอร์โทรศัพท์เคลื่อนที่ .....… 32

3.13 Code ตรวจสอบว่ามีการย้ายเครือข่ายของเบอร์โทรศัพท์เคลื่อนที่…..... 33

3.14 Code สำหรับตรวจสอบว่าเบอร์โทรศัพท์อยู่ในเครือข่ายใด……..... 33

3.15 Code ตรวจสอบโปรโมชั่นเสริม ….....……..... 34

3.16 Code ตรวจสอบจำนวนการใช้งานของเครือข่าย ……..…….....……. 35

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

3.17 Code สำหรับตรวจสอบอัตราค่าบริการตามที่ผู้ดูแลระบบระบุ ……..... 37

3.18 Code ที่ปัดจำนวนวินาทีให้เป็นจำนวนเต็มนาที …….....……..… 37

3.19 การเรียงลำดับการโทรออกไปยังปลายทางและวิธีการโทรออกของระบบ 38

3.20 ความสัมพันธ์ของตารางทั้งหมด ...…….....…. 42

3.21 แผนการโทรสำหรับใช้งานในระบบ IP-PBX ……..…..... 44

3.22 หน้าต่างการสร้างผู้ใช้งาน สำหรับใช้ในระบบ IP-PBX ..…….....……..….... 44

4.1 ภาพรวมการทดสอบระบบ ...……...……..... 45

4.2 รูปแบบการใส่รายละเอียดของโปรโมชั่นหลัก .....……...……..…… 48

4.3 รูปแบบการใส่รายละเอียดของโปรดมชั่นเสริมต่าง .....……..….... 49

4.4 โปรโมชั่นที่มีอยู่ในระบบ .....……. 49

4.5 หน้าต่างสำหรับเพิ่มเบอร์โทรศัพท์และระบุเครือของเบอร์โทรศัพท์..... 51

4.6 การย้ายเครือข่ายของเบอร์โทรศัพท์เคลื่อนที่...……..... 52

4.7 แสดงรูปหน้าต่างสำหรับใส่รหัสโทรทางไกลระหว่างประเทศและอัตราค่าโทรศัพท์.……..... 53

4.8 หน้าต่างแสดงรหัสโทรทางไกลที่มี ระบุในระบบ…...……..... 54

4.9 หน้าต่างสำหรับใส่รหัสเบอร์โทรศัพท์ท้องถิ่น 55

4.10 หน้าต่างสำหรับตรวจสอบข้อมูลการใช้งานของระบบ 62

4.11 ข้อมูลการใช้งานอย่างละเอียด..... 62

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ระบบการสื่อสารโดยใช้โทรศัพท์นับเป็นปัจจัยสำคัญในการดำเนินธุรกิจขององค์กร ทั้งภายในองค์กร และภายนอกองค์กร เนื่องจากสามารถติดต่อสื่อสารได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว อย่างไรก็ดีการติดต่อสื่อสารในรูปแบบดังกล่าว องค์กรจะมีค่าใช้จ่ายที่มาจากการใช้บริการ ซึ่งในบางองค์กรต้องเสียค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนมหาศาลให้กับค่าบริการโทรศัพท์ หากมองในแง่ของธุรกิจจำนวนต้นทุนในการประกอบธุรกิจต้องเพิ่มขึ้น ในความก้าวหน้าของเทคโนโลยีสารสนเทศทำให้มีการพัฒนาระบบที่จะช่วยลดค่าใช้จ่ายขององค์กร การติดต่อสื่อสารด้วยโทรศัพท์ในอดีตที่มีค่าบริการสูงมาก จะถูกแทนที่ด้วยระบบใหม่ซึ่งประหยัดและมีคุณภาพมากกว่า

ปัจจุบันระบบโทรศัพท์ผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตด้วยเทคโนโลยี VoIP ได้รับความสนใจจากหน่วยงานภาครัฐและเอกชนเป็นอย่างมาก เทคโนโลยี VoIP เป็นเทคโนโลยีที่ได้รับการพัฒนาขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากปัจจุบันนั้นโครงข่ายของอินเตอร์เน็ตได้รับการพัฒนาขึ้นกว่าเดิมอย่างมากและมีโครงข่ายที่เชื่อมโยงได้ง่ายและกว้างขวางขึ้นการที่จะประยุกค์นำเทคโนโลยี VoIP มาใช้งานจึงง่ายขึ้น เนื่องจากโครงสร้างพื้นฐานของ VoIP คืออินเตอร์เน็ตจึงสามารถรองรับการใช้งานในรูปแบบต่างๆ เช่น การโทรศัพท์บนเครือข่าย การติดต่อด้วยเสียง ระบบวีดีโอคอนเฟอร์เรนซ์ การกระจายเสียงสัญญาณ หรือบนเครือข่าย การที่องค์กรใดๆจะนำเอา VoIP ขึ้นอยู่กับปัจจัยในการใช้งาน แต่ปัจจัยที่สำคัญก็คือ การลดค่าใช้จ่ายในการติดต่อสื่อสารซึ่งดูเหมือนว่า VoIP จะเป็นแนวทางที่เหมาะสำหรับองค์กรแถบทุกขนาดเพราะไม่ว่าจะองค์กรใดก็จำเป็นต้องใช้การติดต่อสื่อสารไม่ว่าจะเป็นภายในหรือภายนอก โดยเทคโนโลยี VoIP นั้นนอกจากจะประหยัดค่าใช้จ่ายแล้วยังดูแลรักษาระบบง่าย และมีความยืดหยุ่นในการใช้งานสามารถปรับเปรียบการทำงานได้ง่ายและขยายการใช้งานรองรับในอนาคตได้เพราะระบบ VoIP ไม่จำเป็นจะต้องมีเครื่องโทรศัพท์ทุกคนที่ต้องการใช้บริการเนื่องจากสามารถใช้ Soft Phone หรือโทรศัพท์ที่เป็นโปรแกรมหรือแอพพริเคชั่นในคอมพิวเตอร์, สมาร์ทโฟน, หรือว่าแท็บเล็ต ก็สามารถใช้งานโทรศัพท์แบบ VoIP เทคโนโลยีนี้ยังมีข้อดีในด้านการเดินสายเนื่องจากถ้าเราใช้ VoIPภายในสำนักงานก็อาจไม่จำเป็นเลยที่เราจะต้อง

เดินสายโดยใช้การเชื่อต่อผ่านอุปกรณ์ Router ก็จะทำให้เรื่องการเดินสายนั้นไม่จำเป็นอีกต่อไป หรือว่าในกรณีที่ต้องย้ายออฟฟิสจากที่เดิมก็ไม่จำเป็นต้องรื้อหรือเดินสายใหม่อีก

จากการศึกษาของผู้วิจัย พบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการลดค่าใช้จ่ายในองค์กรด้วยระบบโทรศัพท์ VoIP (Voice over IP System)[5] และ VoIP as a tool for an effective voice communication cost reduction [6] ได้กล่าวถึงความสามารถที่หลากหลายของเทคโนโลยี VoIP ว่าสามารถลดค่าใช้จ่ายในการใช้โทรศัพท์ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับโครงสร้างพื้นฐานขององค์กรและการจัดการกับระบบที่นำมาใช้ อย่างไรก็ตามงานวิจัยทั้งสองยังมีข้อจำกัด คือไม่สามารถที่จะค้นหาอัตราค่าโทรที่มีต้นทุนต่ำที่สุดได้อย่างอัตโนมัติ และไม่สามารถตรวจสอบเบอร์โทรศัพท์ปลายทางได้ว่าเป็นเป็นของเครือข่ายใดซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการคิดต้นทุนการโทรออกไปยังปลายทางเพื่อลดค่าใช้จ่ายให้ได้มากยิ่งขึ้น

ผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดในการลดค่าใช้จ่ายด้านการติดต่อสื่อสารขององค์กรโดยการใช้ VoIP โดยระบบที่ออกแบบจะแตกต่างจากระบบที่เคยมีอยู่เดิม คือเริ่มต้นการโทรศัพท์นั้นผู้ใช้งานไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนเครื่องโทรศัพท์ กล่าวคือสามารถใช้โทรศัพท์ที่โต๊ะทำงานเดิมได้ หรือใช้ Softphone ในเครื่องคอมพิวเตอร์เป็นโทรศัพท์ในการโทรออก เมื่อผู้ใช้งานระบุหมายเลขปลายทางแล้ว ระบบจะตรวจสอบหมายเลขปลายทางดังกล่าวว่าเป็นของเครือข่ายผู้ให้บริการรายใด เพื่อตรวจสอบโปรโมชั่นหรืออัตราค่าโทรที่ถูกที่สุดให้อย่างอัตโนมัติ โดยระบบที่พัฒนารองรับการใช้งานทั้งโทรทางไกลระหว่างจังหวัด โทรศัพท์เคลื่อนที่ และโทรศัพท์ทางไกลระหว่างประเทศ

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ของงานวิจัยดังนี้

1. เพื่อลดค่าใช้จ่ายของการใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่และโทรศัพท์ทางไกลระหว่างประเทศและโทรศัพท์ทางไกลระหว่างจังหวัดของบริษัทหรือองค์กรต่างที่จำเป็นต้องใช้การติดต่อสื่อสาร
2. เพื่อพัฒนาต้นแบบระบบที่สามารถลดค่าใช้จ่ายการใช้งานโทรศัพท์ และสามารถนำไปใช้งานได้จริง

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีขอบเขตของงานวิจัยดังนี้

1. ผู้ใช้งานในระบบมี 2 ประเภท ได้แก่

1.1 ผู้ดูแลระบบ สามารถปรับเปลี่ยนฐานข้อมูลเพิ่มลดเบอร์โทรศัพท์เพิ่มรายละเอียดข้อมูลการโทร

1.2 ผู้ใช้งานทั่วไป สามารถโทรศัพท์ไปยังปลายทางที่ต้องการ

2. ระบบสามารถเลือกช่องทางที่มีอัตราค่าบริการต่ำที่สุดได้ในกรณีที่มีคู่สายว่าง โดยช่องทางโทรศัพท์ขาออกที่นำมาพิจารณาคือ โทรศัพท์ประจำที่ โทรศัพท์เคลื่อนที่ และโทรศัพท์ผ่านอินเตอร์เน็ต

3. ระบบที่พัฒนาสามารถจำแนกเบอร์โทรศัพท์ปลายทางจากฐานข้อมูลได้ว่าเป็นของผู้ให้บริการรายใด ทำให้สามารถเลือกเส้นทางการโทรออกที่มีต้นทุนต่ำที่สุดในขณะนั้น ๆ ได้

4. ผู้ดูแลระบบสามารถปรับแก้ไขข้อมูลแพ็คเกจการโทรของแต่ละเครือข่ายตามโปรโมชั่นขณะนั้น ๆ ได้ผ่านหน้าเวปเพจ

5. ระบบที่พัฒนารองรับการย้ายค่ายแต่คงสิทธิ์เบอร์เดิม (Mobile number portability) ของเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่โดยผู้ดูแลระบบสามารถระบุผู้ให้บริการของเบอร์โทรศัพท์นั้น ๆ ในฐานข้อมูลของระบบได้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีดังนี้

1. ได้เรียนรู้หลักการทำงานของระบบ VoIP โดยเฉพาะ SIP protocol

2. ได้ต้นแบบระบบที่ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการใช้งานโทรศัพท์ของหน่วยงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. ระบบที่พัฒนาช่วยอำนวยความสะดวกการใช้งานให้กับผู้ใช้งาน โดยจะเลือกระบบโทรศัพท์ที่โทรออกให้ในขณะที่ผู้ใช้งานยังสามารถใช้งานผ่านโทรศัพท์ประจำที่เดิมได้

1.5 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

1. ฮาร์ดแวร์ ที่ใช้ในงานวิจัยมีดังนี้

1.1 คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ ใช้เป็นตัวเซิร์ฟเวอร์หลักของระบบ VoIP

1.2 การ์ด 4 FXO แบบ 4 Port ใช้เป็นช่องทางสำหรับโทรออกไปยังปลายทาง

1.3 อุปกรณ์ GSM Wireless ใช้เป็นช่องทางสำหรับเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่

1.4 ซิมการ์ดทั้ง 3 เครือข่ายหลักที่ใช้สำหรับเป็นเส้นทางในการติดต่อสื่อสาร

2. ซอร์ฟแวร์ ที่ติดตั้งบนคอมพิวเตอร์โน้ตบุคมีดังนี้

2.1 โปรแกรม (Asterisk) ใช้ในการเขียนโปรแกรมในการสร้างรูปแบบในการโทรและเป็นเซิร์ฟเวอร์ของระบบ VoIP

2.2 โปรแกรม Xlite 4 ใช้เป็นโทรศัพท์แบบ VoIP (Soft Phone)

2.3 โปรแกรม PHP ใช้สำหรับเขียนโปรแกรมในการตัดสินใจในการเลือกเส้นทางของระบบ

2.4 ระบบปฏิบัติการ Ubuntu 11 Server ใช้เป็นระบบปฏิบัติการหลักของ Server VoIP ต้นแบบ

1.6 แผนการดำเนินงาน

ในงานวิจัยนี้ได้วางแผนการดำเนินงานดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินงาน	ระยะเวลา(เดือน)							
	พ.ย. 55	ธ.ค. 55	ม.ค. 56	ก.พ. 56	มี.ค. 56	เม.ย. 56	พ.ค. 56 – พ.ค.57	
1. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหัวข้องานวิจัย								
2. ศึกษาเครื่องมือที่ใช้สำหรับโทรออกไปยังปลายทาง								
3. หาข้อมูลเกี่ยวกับอัตราค่าโทรศัพท์ของบริษัทที่เป็นตัวอย่างในการทดลอง								
4. ออกแบบระบบที่ใช้สำหรับค้นหาเส้นทางในการโทรออกที่มีอัตราค่าใช้จ่ายต่ำที่สุดในขณะที่มีคู่สายว่าง								
5. ศึกษาเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองสำหรับทดสอบการทำงาน								
7. ทดสอบการทำงานและประเมินผล								
8. สรุปผลการวิจัย ข้อเสนอแนะ และจัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์								

บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี และ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบโทรศัพท์ผ่านอินเตอร์เน็ตโปรโตคอล (VoIP)[1]

VoIP เป็นเทคโนโลยีที่เริ่มมีความนิยมกันนำมาใช้อย่างแพร่หลายซึ่งสามารถทำการรับ-ส่งสัญญาณเสียงผ่านทางเครือข่ายอินเตอร์เน็ตหรืออินทราเน็ตได้ ซึ่งเทคโนโลยีจะต้องใช้อุปกรณ์ (Hardware) และโปรแกรม (Software) คอมพิวเตอร์ทำงานร่วมกัน โดยที่ VoIP จะทำการแปลงเสียงโดยที่จากสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลผ่านอุปกรณ์อย่างเช่นไมโครโฟน และแปลงกลับจากดิจิตอลเป็นอนาล็อกเช่น ลำโพง ส่งกลับไปให้ผู้รับได้ยินข้อความเสียงที่ส่งไปซึ่งเป็นหนึ่งในวิธีที่ลดค่าใช้จ่ายได้ดี

โทรศัพท์ระบบ VoIP จะใช้มาตรฐานโปรโตคอลที่ต่างจากเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ซึ่งจะใช้โปรโตคอล TCP/IP (Internet Transmission Control Protocol) ในส่วนของระบบโทรศัพท์นั้นจะใช้โปรโตคอลซึ่งมีหลายแบบและหลายมาตรฐานที่นิยมใช้กันได้แก่ SIP โปรโตคอล (Session Initiation Protocol) ซึ่งเป็นโปรโตคอลทางด้านมัลติมิเดีย นอกจากจะมีการใช้งานทางด้านโทรศัพท์ร่วมกับเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ที่เรียกว่า IP-Phone แล้วยังมีอุปกรณ์อื่นๆที่สามารถใช้เครือข่ายร่วมกันได้ ในระบบเครือข่ายสัญญาณของระบบ LAN จะมีช่องรับส่งสัญญาณ Band Width ที่กว้างมากสามารถรองรับโปรโตคอลจำนวนมากๆได้

ข้อดีของการนำเอา VoIP มาใช้งาน

1. สามารถลดค่าใช้จ่ายในการติดต่อสื่อสาร กันในระหว่างองค์กรได้เนื่องจากไม่ต้องพึ่งผู้ให้บริการภายนอก

2. ลดค่าใช้จ่ายทางด้าน Hardware เนื่องจาก VoIP สามารถใช้ Soft Phone ที่ติดตั้งลงใน Smart phone หรือ คอมพิวเตอร์สำนักงานได้

3. ลดค่าใช้จ่ายค่าชุมสายโทรศัพท์ภายในสำนักงาน

4. ลดค่าใช้จ่ายค่าออกแบบเดินสายโทรศัพท์

---

[1]กิตติพงษ์ สุวรรณราช. (2551). *ออกแบบและติดตั้งระบบโทรศัพท์ IP-PBX ด้วย Asterisk* .

5. ง่ายต่อการปรับเปลี่ยนแก้ไขของผู้ใช้บริการและรองรับการปรับใช้งานในอนาคตได้

6. ลดค่าใช้จ่ายในการลงทุนในระบบเครือข่ายของหน่วยงานเนื่องจากVoIP มีความสามารถสูงในการติดต่อสื่อสารแต่ลงทุนต่ำกว่าระบบแบบเก่า

7. เพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานเนื่องจากถ้าค่าบริการในการติดต่อสื่อสารลดน้อยลงก็จะทำให้ผู้ใช้งานโทรศัพท์กันมากขึ้นจึงทำให้ได้รับข่าวสารระหว่างสาขากันมากขึ้นเป็นผลให้ประสิทธิภาพงานเพิ่มขึ้นไปด้วย

ในเมื่อมีข้อดีก็ต้องมีข้อเสียเช่นเดียวกันได้แก่ การขโมยข้อมูลข่าวสารต่าง หรือ อาจเป็นการดักฟังการแฮกเข้ามาทำลายระบบSever ทำให้ใช่งานไม่ได้หรือทำลายฐานข้อมูล เป็นต้น แต่สิ่งเหล่าสามารถป้องกันได้จากผู้ดูแลระบบหมั่นดูแลอัพเดทระบบป้องกันต่างๆให้มีประสิทธิภาพและมีการสำรองข้อมูลระบบไว้เป็นระยะ เป็นต้นในการสื่อสารของ VoIP นั้นต้องมีการต่อเข้ากับหลายๆ อุปกรณ์จึงจำเป็นต้องมีสิ่งที่เป็นมาตรฐานกลางที่ให้อุปกรณ์ทุกตัวใช้งานด้วยกันได้อย่างเหมาะสมซึ่งจะมีโปรโตคอลหลักๆอย่างเช่น H.323 และ SIP เป็นต้น

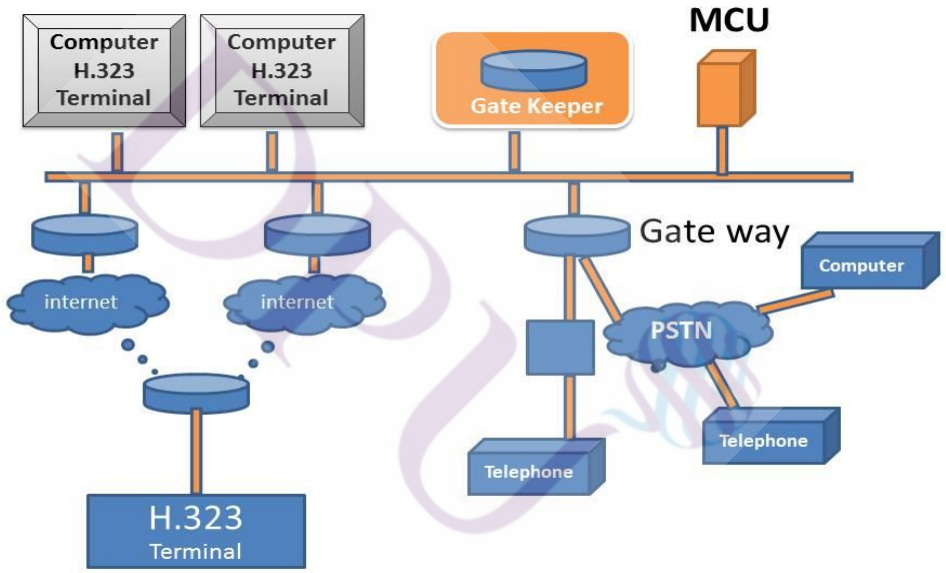
2.2 มาตรฐานของ H.323[2]

มาตรฐานของ H.323 เป็นมาตรฐานโปรโตคอลที่ถูกกำหนดโดยองค์กร ITU ซึ่งจะเป็นโปรโตคอลที่ได้รับความนิยมมากในยุคแรกที่มีการเริ่มใช่เครือข่ายของ ISDN (Integrated Services Digital Network) มาตรฐานของ H.323 สามารถรองรับการทำงานได้ทั้ง แบบ Point-to-Point และแบบ Multi – Point – Conference โดยโปรโตคอลแบบ H.323 นั้นจะอ้างอิงและครอบคลุมไปถึง H225.0/Q931 H.245 และ H225.0/RAS เพื่อให้การทำงานของ H.323 สมบูรณ์ โดยอุปกรณ์ที่จำเป็นของ H.323 โปรโตคอลนั้นจะมีอุปกรณ์หลักที่ใช้ทำงาน H.323 Terminal คืออุปกรณ์ที่ใช้สำหรับส่งสัญญาณเสียงหรือภาพได้เช่น คอมพิวเตอร์หรือไม่ว่าจะเป็นอุปกรณ์ที่สามารถใช้งานโปรโตคอลแบบ H.323 ได้ H.323 Gateway เป็นตัวที่ทำหน้าที่ต่อกับเครือข่ายอื่นแต่ในกรณีที่ไม่มีการใช้งานการเชื่อมต่อออกไปยังเครือข่ายภายนอกก็ไม่จำเป็นต้องมี H.323 Gateway โดยการเชื่อต่อของ H.323 Gateway นั้นจะทำหน้าที่เชื่อมต่อโครงข่ายดังนี้ สร้างการเชื่อมต่อกับระบบ PSTN สร้างการเชื่อมต่อเทอมินอลที่รองรับมาตรฐาน H.320 บนเครือข่าย H.323 Gatekeeper เป็นอีกหนึ่งอุปกรณ์ที่สำคัญมากเนื่องจากจะทำงานเป็นที่คอยดูแลอุปกรณ์ที่ได้ลงทะเบียนกับ Gatekeeper โดยจะแบ่งออกเป็นโซนการใช้งานโดย Gatekeeper จะเป็นศูนย์กลางในการทำ AAA (Authentication

---

[2]สาธิตพงศ์ พุทธิประเสริฐ สินชัย กมลภิวงศ์ และสัญฉกร. (2556) *วุฒิสิทธิกุลกิจ โปรโตคอลมาตรฐานสำหรับอินเตอร์เน็ตเทเลโฟนี (internet Telephony Protocol).*

Authorization Admission) ของโซนนั้นๆที่ Gatekeeper ดูแลอยู่อุปกรณ์สุดท้ายที่ขาดไม่ได้ถ้าต้องการใช้งานVideo Conference แบบหลายๆจุดหรือมากกว่า 3 Terminal ขึ้นไป ข้อเสียมาตรฐานนี้จะไม่ค่อยที่ได้รับความนิยมในการใช้งาน VoIP เนื่องจากจริงๆแล้วมาตรฐานนี้ไม่ได้ออกแบบมาให้รองรับการใช้งานในเครือข่ายอินเตอร์เน็ต การใช้ MCU จะประกอบด้วย MC (Multipoint Controller) และ MP (Multipoint Controller) โดย MC จะเป็นตัวที่คอยจัดส่งสัญญาณและควบคุมมีเดียที่ถูกรับส่งให้กับTerminal หรืออุปกรณ์ที่ใช้งานอยู่โดยอุปกรณ์ทุกชิ้นต้องมีการใช้ช่องสัญญาณ H.245 อยู่โดยเชื่อต่อกับ MC แบบจุดต่อจุด (Point to Point) โดยที่ MP จะเป็นตัวช่วยผสมสัญญาณและจัดการมีเดียสตรีมโดยจะทำงานภายใต้ MC อีกทีโดยลักษณะการต่อและโครงสร้างของโปรโตคอลแบบ H.323 จะแสดงดังภาพที่ 2.1



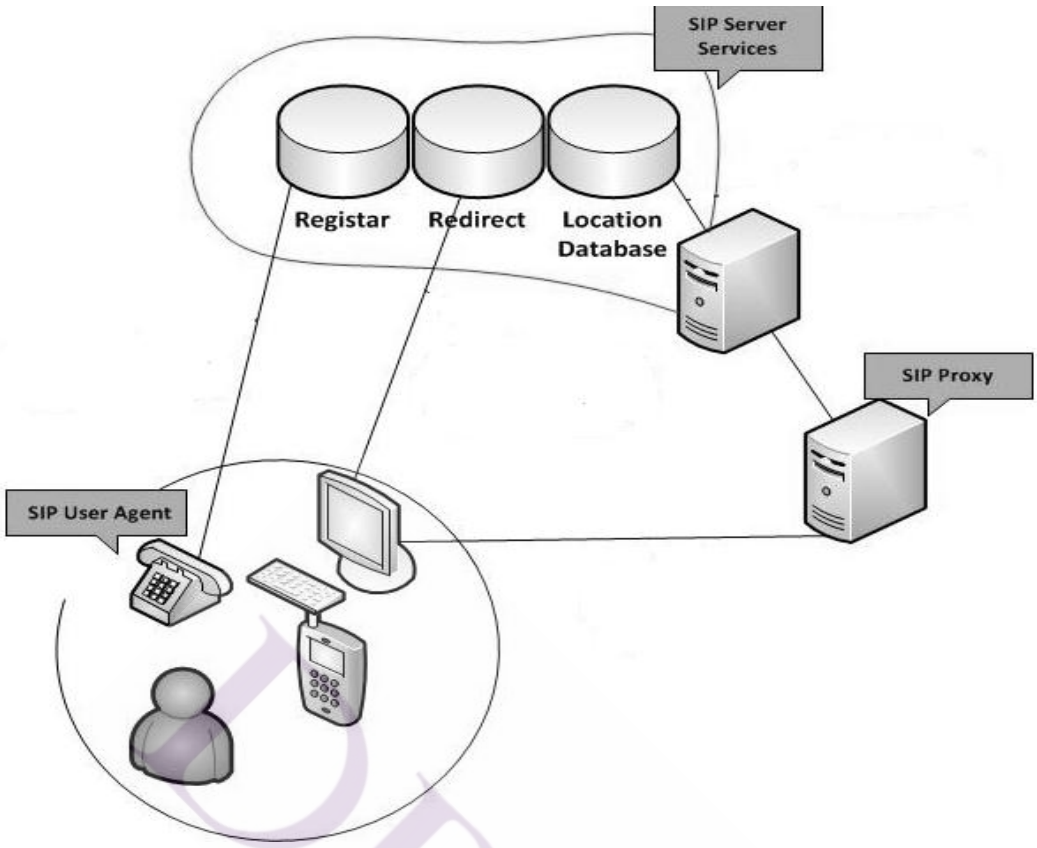
ภาพที่ 2.1 หลักการทำงานของ H.323[2]

ข้อเสียของระบบแบบ H.323 นั้นการทำงานค่อนข้างช้าเนื่องจากการทำงานของมาตรฐาน H.323 มีความซับซ้อนมาก เมื่อต้องการใช้งานในระบบของเครือข่าย NAT จะต้องใช้งาน Gate Keeper เพื่อทำงานเป็น Server Proxy ส่งข้อมูลได้อย่างเต็มประสิทธิภาพจึงทำให้ไม่เหมาะกับระบบที่ผู้วิจัยออกแบบมาที่เน้นการทำงานที่รวดเร็วติดตั้งง่ายและเสียค่าใช้จ่ายน้อยในการติดตั้งและดำเนินการ

2.3 มาตรฐาน SIP (Session Initiation Protocol)[3]

มาตรฐานของ SIP เป็นมาตรฐานที่เริ่มได้รับความนิยมขึ้นเรื่อยๆ และมากที่สุดในปัจจุบันซึ่งได้รับการกำหนดมาตรฐานขึ้นโดย IETF (International Engineering Task Force) โปรโตคอล SIP นั้นสามารถปรับแต่งหรือปรับปรุงได้ง่ายกว่า H.323มากการใช้งานพอร์ทของโปรโตคอลแบบ SIP นั้นจะใช้งานได้ทั้ง TCP หรือ UDP โดยลักษณะการทำงานรับส่งขอมูลของโปรโตคอลนี้จะเป็นลักษณะของ Text based คล้ายกับการทำงานของ HTTP (Hypertext Transfer Protocol) จึงสามารถใช้เฮดเดอร์และกลไกลบางอย่างของ HTTP ได้ด้วย ส่วนในฟังชั่นที่สนับสนุนกับ SIP นั้นได้ถูกออกแบบมาสำหรับใช้งานมัลติมีเดียบนเครือข่าย IP (Internet Protocol) ซึ่งโปรโตคอลนี้มีความยืดหยุ่นในการใช้งานมากกว่าโปรโตคอลอื่นในแง่ของความสามารถในการยืดหยุ่นปรับใช้งานต่างๆ(Flexibility) และความสามารถของโปรโตคอล SIP จะสามารถสร้าง (Create) ปรับเปลี่ยน (Modify) สิ้นสุด (Terminate) การติดต่อระหว่างจุดต่อจุด (Unicast) หรือแบบกลุ่ม (Multicast) โดย SIP สามารถปรับเปลี่ยนที่อยู่หมายเลขของพอร์ตเพิ่มหมายเลขของผู้ใช้บริการหรือลบหมายเลขของผู้ใช้บริการ ซึ่งการทำงานของ SIP นั้นก็ไม่ได้จำกัดแค่โทรศัพท์เท่านั้นส่วน โปรโตคอล SIP นั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนประกอบคือ User Agents หรือ UA และอีกส่วนคือ SIP Server โดยลักษณะโครงสร้างของโปรโตคอลแบบ SIP นั้นจะแสดงดังภาพที่ 2.2

[3]บรรจบ สุขประภาภีณ์. (2544). *เทคโนโลยีการสื่อสารโทรศัพท์ด้วยระบบ VoIP*.



ภาพที่ 2.2 หลักการทำงานของ SIP

User Agent สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนย่อยคือ

User Agent Client (UAC) ทำหน้าที่เป็นตัวเริ่มขบวนการโดยส่งการร้องขอไปยังผู้ที่ถูกเรียก ผ่านทาง network server

User Agent Server (UAS) ทำหน้าที่เป็นตัวรับการร้องขอ หรือตอบสนองคำร้องจากผู้ใช้ ซึ่งการตอบสนองนั้นอาจจะยอมรับหรือปฏิเสธ การเรียก ก็ได้ในบางกรณีผู้ใช้งานมี Terminal หลายตัว ผู้ใช้งานอาจ Redirect หรือโอนย้ายไปไปยัง UAC ที่ผู้ใช้งานใช้อยู่จริง โดยในส่วนของเซิร์ฟเวอร์ก็จะอัพเดทที่อยู่ใหม่เพื่อโอนย้ายไปยัง UAC ที่ผู้ใช้งานใช้อยู่จริงต่อไป

SIP Server สามารถแบ่งองค์ประกอบได้ดังต่อไปนี้

Proxy Server มีหน้าที่เป็นตัวกลางในการรับส่งข้อมูลจะรับข้อมูลมาจาก UAS หรือ network server ก็ได้จากนั้นเซิร์ฟเวอร์จะร้องขอไปยังปลายทางตามที่กำหนด พร้อมกับข้อมูลตอบสนองให้กับ UAC หรือ network server ตามที่ร้องขอมา เพื่อได้รับการตอบสนองจากผู้ถูกเรียก UAS ก็จะส่ง Massage ตอบสนองกลับไปให้ UAC ซึ่ง Server ชนิดนี้ทำหน้าที่เป็นทั้ง Client และ Server ในกรณีที่ถูกร้องขอจะเป็น Client ส่วนในกรณีที่ส่งข้อมูลตอบสนองจะเป็น Server

Registrar Server จะมีหน้าที่เหมือนเป็นพนักงานลงทะเบียนเพื่อที่จะนำข้อมูลไปใส่ลงในSIP Server เพื่อที่จะได้ทราบว่าได้ลงทะเบียนของเครื่องลูกนั้นๆใช้เบอร์อะไรเพื่อนำไปทำการอัพเดทให้ข้อมูลเป็นปัจจุบัน

SIP message เป็นคำเรียกของข้อความที่ทำการส่งกันระหว่างเครื่องลูกและเครื่องแม่ที่อยู่ในเครือข่ายแบบ SIP ซึ่งนี้เองเป็นจุดเด่นอีกหนึ่งอย่างของโปรโตคอลแบบ SIP ที่ทำให้เป็นที่นิยมอย่างมากเนื่องจากเป็นข้อความที่เข้าใจง่ายต่อการทำความเข้าใจมากกว่า H.323 ซึ่งข้อความของโปรโตคอลแบบ SIP จะแบ่งออกเป็น2 กลุ่มหลัก ดังนี้

1. SIP request message เป็นข้อความสำหรับที่จะทำการร้องขอจากเครื่องลูกไปยังเครื่องแม่

2. SIP response message เป็นการส่งข้อความในลักษณะของการตอบรับจากการ ร้องขอที่ส่ง

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้เลือกใช้งานSIP โปรโตคอลเนื่องจากการจัดการของ SIP นั้นมีความเรียบง่ายและไม่ซับซ้อนเท่ากับ H.323 ที่สำคัญอีกหนึ่งอย่างคือโครงสร้างของ H.323 จำเป็นจะต้องลงทุนค่าใช้จ่ายมากกว่าโปรโตคอลแบบ SIP จึงทำให้ผู้วิจัยตัดสินใจใช้โปรโตคอลนี้

โปรแกรม Asterisk[4]

Asterisk คือ Open-source โปรแกรมที่ใช้เป็นตัวหลักสำหรับทำ IP-PBX หรือชุมสายแบบ IP เนื่องจากตัวAsterisk นั้นทำหน้าที่คล้าย Soft switch ซึ่งทำหน้าที่รับส่งแพคเก็จโปรแกรม Asterisk มีความสามารถในการบริหารจัดการการเชื่อมต่อของระบบ และยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการทำงานได้ง่าย ตัวอย่างความสามารถเด่นๆของ Asterisk คือ เป็น Gateway โดยโปรแกรมสามารถเชื่อมต่อระบบโทรศัพท์พื้นฐานกับระบบโทรศัพท์แบบ VoIP เข้าด้วยกันได้ โปรแกรม Asterisk ยังมีความาสามารถทำตัวเป็น Media Server ได้ด้วยในกรณีที่ต้องการประชุมสายทางโทรศัพท์หรือวีดีโอคอนเฟอร์เร้นและรองรับการทำงานแบบ Call Center ร่วมถึงระบบตอบรับอัตโนมัติ ลักษณะการทำงานที่สำคัญอีกอย่างที่จำเป็นต่อการพัฒนาโปรแกรมคือฟังชั่นที่ใช้ติดต่อกับSource ภายนอกที่เรียกว่า AGI (Asterisk Gateway Interface) โดย AGI นั้นจะแบ่งออกเป็น 3 หมวดหลัก คือ EAGI (Enhanced Asterisk Gateway Interface) เป็นรูปแบบที่ค่อนข้างจะมีระดับสูงซึ่งใช้จัดการไฟล์เสียงที่ถูกส่งเข้ามาได้ Dead AGI เป็นฟังชั่นของ AGI ที่จะทำงานเมื่อ

---

[4] NirSimionovich. (2552). *Asterisk Gateway Interface 1.4 and 1.6 Programming*

เกิดการวางสายเพื่อให้ระบบทำงานต่อเช่น บันทึกข้อเวลาในการโทร เป็นต้น Fast AGI เป็น AGI ที่ทำงานบน TCP (Transmission Control Protocol) ส่วนระบบปฏิบัติการที่ Asterisk รองรับคือ 32/64 bit Ubuntu, Free BSD, Open BSD, Mac OSX ในด้าน Hardware ที่รองรับนั้น เป็นเครื่องคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะ (PC) หรือคอมพิวเตอร์ที่สามารถลงระบบปฏิบัติการดังที่กล่าวไว้ในข้างต้นได้ ลักษณะการตั้งค่าในการทำงานมีอยู่ด้วยกัน 2 รูปแบบ

1. เป็นแบบ .Conf ไฟล์ระบบที่จะดูข้อมูลตามที่เราได้ตั้งค่าไว้ว่าให้ทำงานตามที่ต้องการในรูปแบบนี้เป็นที่นิยมแพร่หลายในปัจจุบัน

2. เป็นการสร้างไฟล์การตั้งค่าการทำงานจาก Database เป็นอีกลักษณะของการตั้งค่าที่สามารถทำงานได้เร็วโดยที่เมื่อตั้งค่าใหม่ไม่จำเป็นต้องทำการ Reload Asterisk ใหม่สามารถทำงานได้เลย จากข้อดีของโปรแกรมดังกล่าวจึงเหมาะกับการทำงานวิจัยหรือพัฒนาโปรแกรมสำหรับโครงข่ายโทรศัพท์แบบ IP-PBX

ระบบโทรศัพท์ IP-PBX (Internet Protocol – Private Branch Exchange)[3]

เป็นระบบที่ไม่จำเป็นต้องมีชุมสายโทรศัพท์และ ไม่ต้องเดินสายเหมือนแบบเดิมแต่ใช้การต่อสายผ่านระบบอินเตอร์เน็ตหรือผ่าน Wireless โดยไม่ต้องต่อสายโทรศัพท์ซึ่งระบบจะใช้การทำงานผ่านทาง Server ส่งไปยังเครือข่ายระบบ LAN (Local Area Network) ในด้านขององค์ประกอบระบบ IP-PBX จำเป็นจะต้องมีอย่างน้อย 3 องค์ประกอบเพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ได้แก่

1. คอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ (IP-PBX Server) ทำหน้าที่บริหารจัดการเครือข่ายซึ่งต้องมีอุปกรณ์เสริมที่สำคัญที่ใช้สำหรับติดต่อกับระบบเครือข่าย LAN โดยต้องมี LAN Card และ FXO Card (Foreign Exchange Office) ลักษณะการ์ดดังภาพที่ 2.3

ภาพที่ 2.3 การ์ด 4 FXO[5]

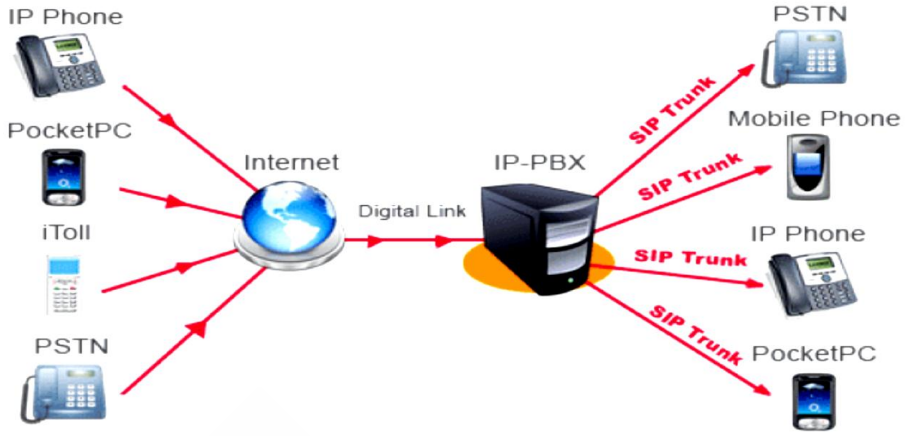
ภาพที่ 2.3 นั้นเป็นการ์ดที่ใช้สำหรับติดต่อสื่อสารกับสายนอกหรือติดต่อกับเครือข่ายอื่นๆ เรียกว่า PSTN (Public Switch Telephone Network) ในกรณีที่ต้องการใช่โครงข่ายที่เป็นโทรศัพท์เคลื่อนที่นั้นระบบจำเป็นที่จะต้องต่ออุปกรณ์เพิ่มจากการ์ด FXO เนื่องจากการ์ด FXO จะใช้ต่อสายตรงกับโทรศัพท์พื้นฐานอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องเพิ่มขึ้นมาคือ GSM gatewayเป็นอุปกรณ์ที่จะต่อเชื่อมไปยัง GSM (Global System for Mobile communication) network ลักษณะของอุปกรณ์ดังภาพที่ 2.4 และโครงสร้างของระบบโครงสร้างของระบบแบบ IP-PBX แสดงดังภาพที่2.5

ภาพที่ 2.4 อุปกรณ์GSM gateway[6]

---

[5]http://www.voip4share.com/images/shared/tdm400e-3.jpg (2556)

[6]http://www.btcdirect.com.au/images/P/neos3000a-01.gif (2556)



ภาพที่ 2.5 โครงสร้างของระบบ IP-PBX[3]

2. เครือข่ายของระบบสาย LAN เป็นไม่ว่าจะเป็นเครือข่ายของอินเตอร์เน็ตหรืออินทราเน็ต ก็สามารถใช่งานกับระบบVoIP ได้แต่ถ้ามีความซับซ้อนของ Hub, Router จำเป็นจะต้องเปิดพอร์ทVPN (Virtue Private Network) เพื่อเพิ่มช่องทางของการสื่อสารระบบ IP และป้องกันระบบความปลอดภัยให้กับระบบอินเตอร์เน็ต และเครือข่าย

3. เครื่องรับโทรศัพท์ มีให้เลือกได้หลายรูปแบบแต่แบบที่จะสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายของผู้ใช้งานไม่ว่าจะเป็นค่าเดินสายหรือค่าบริการรายเดือนสำหรับบำรุงรักษาเบอร์ได้นั้นจะเป็นแบบ ใช้หูฟังกับคอมพิวเตอร์ไม่ว่าจะเป็นตั้งโต๊ะหรือคอมพิวเตอร์บุคคลก็ตาม จะสามารถติดตั้งโปรแกรมเพิ่มในคอมพิวเตอร์ได้ง่ายๆ เช่น โปรแกรม X-Lite, C3X เป็นต้น แต่จำเป็นต้องเปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ไว้ตลอดเวลาถ้าต้องการจะรอรับสายตลอดเวลา และยังสามารถใช้โปรแกรมดังกล่าวลงในโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบ Smart Phone หรือ Tablet รุ่นที่มี SIP Protocol ถ้าเป็นโทรศัพท์หรือคอมพิวเตอร์ที่มีการ์ด Wireless Module นั้นสามารถต่อผ่าน WLAN (Wireless Local Area Network) แต่จำเป็นต้องเป็นเครือข่ายเดียวกันกับ Server IP-PBX ลักษณะของ Soft-Phone ที่สามารถติดตั้งลงทั้งบนคอมพิวเตอร์และสมาร์ทโฟน ตัวอย่างแสดงในภาพที่ 2.6

ภาพที่ 2.6 Soft-phone[7]

2.4 งานวิจัย/ผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้อง

โครงการลดค่าใช้จ่ายในองค์กรด้วยระบบโทรศัพท์ VoIP (Voice over IP System)[8] งานวิจัยนี้นำหลักการของ VoIP มาช่วยลดค่าใช้จ่ายในการโทรศัพท์และแก้ปัญหาเรื่องคู่สายในการใช้บริการเนื่องจากหน่วยงานที่ผู้วิจัยโครงการนี้มีความจำเป็นต้องติดต่อสื่อสารกับภายนอกมาก แต่มีข้อจำกัดเรื่องคู่สายที่มีอยู่น้อยและต้องการติดต่อภายในระหว่างหน่วยภายในอยู่บริเวณใกล้เคียง โดยที่มีระบบโครงข่าย IP อยู่แล้วแต่ในเรื่องการใช้งานจะเน้นการใช้งานที่ติดต่อไปยังโทรศัพท์ติดต่อไปยังภายนอก เช่น โทรศัพท์เคลื่อนที่ โทรศัพท์ทางไกลระหว่างจังหวัด เป็นต้น โครงการนี้ได้เลือกทดสอบกับผู้ให้บริการ VoIP 4 ราย คือ TOTNetcall, CAT2Call, Skype, Wetolfree แต่ข้อเสียคือเมื่อติดต่อผ่านผู้ให้บริการที่เป็นแบบ VoIP หมายเลขที่จะแสดงที่ปลายทางจะไม่สามารถโทรกลับมาได้ ออกได้ซึ่งแต่ละผู้ให้บริการดังกล่าวจะมีอัตราค่าบริการที่ถูกกว่าระบบเก่าที่ใช้งานอยู่ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายตามอัตราค่าให้บริการจะสังเกตได้ว่าโครงการนี้สามารถลด

---

[7] http://kontactplus.net/joomla/images/stories/xliteimage.bmp (2556).

[8] อมตวิทย์ คำแหง. (2556). *การลดค่าใช้จ่ายในองค์กรด้วยระบบโทรศัพท์ VoIP (Voice over IP System).*

ค่าใช้จ่ายได้ตามเป้าหมายที่กำหนดไว้วิเคราะห์งานวิจัยของโครงการลดค่าใช้จ่ายในองค์กรด้วยระบบโทรศัพท์ VoIP (Voice over IP System)

ข้อดี

1. อัตราค่าบริการของโทรศัพท์ลดลง
2. เพิ่มความสะดวกในการติดต่อภายในหน่วยงาน
3. บุคลากรสามารถใช้โทรศัพท์ที่โต๊ะทำงานได้เลยจงเพิ่มความสะดวกในการทำงาน

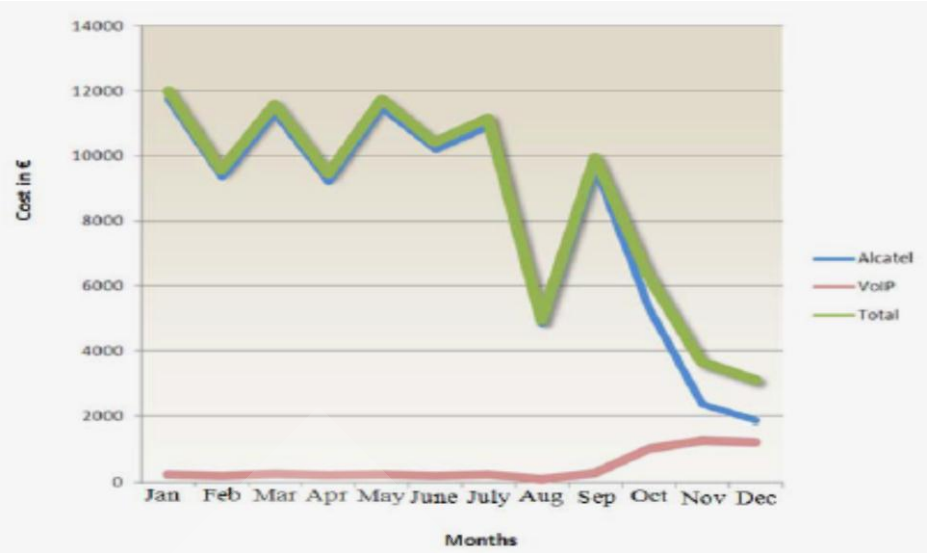
ข้อจำกัด

1. เบอร์ที่แสดงปลายทางไม่สามารถโทรกลับได้
2. คุณภาพของอินเตอร์เน็ตไม่คงที่ทำให้เกิดปัญหากับการใช้งาน VoIP
3. ไม่สามารถค้นหาเส้นทางที่มีต้นทุนที่ต่ำที่สุดได้อย่างอัตโนมัติ

งานวิจัย VoIP A Tool For An Effective Voice Communication Cost Reduction[9]

งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์การใช้งานของ VoIP มาใช้งานเนื่องจากทางมีระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ตของมหาวิทยาลัย ที่มีอยู่แล้วจึงง่ายต่อการนำ VoIP มาใช้งานโดยเริ่มจากใช้ Software Asterisk ทำเป็นคอมพิวเตอร์ Server เพื่อเป็น Server IP-PBX ซึ่งในงานวิจัยได้ทดลองใช้ควบคู่กับระบบโทรศัพท์ระบบเดิมและทดลองเก็บสถิติค่าใช้จ่ายระหว่างสองระบบเพื่อทดสอบประสิทธิ์ภาพของระบบตามว่าเป็นไปตามเป้าหมายที่ต้องการจะลดค่าใช้จ่ายโดยการใช้ VoIP มาเป็นระบบหลักในการติดต่อสื่อสารทั้งภายในและนอกซึ่งจะแสดงให้เห็นตาม ตารางเปรียบเทียบการใช้งาน ดังภาพที่ 2.7

[9]Tito Carlos S. (2011). *VoIP A Tool For An Effective Voice Communication Cost Reduction Vieira* . Faculty of Engineering of University of Porto.



ภาพที่ 2.7 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการลดค่าใช้จ่ายของระบบVoIP[9]

ข้อดี

1. อัตราค่าบริการในการใช้งานโทรศัพท์ลดลง

2. ลดภาระเรื่องการเดินสายโทรศัพท์ภายในหน่วยงาน

ข้อจำกัด

1. ระบบไม่สามารถหาเส้นทางที่มีต้นทุนต่ำที่สุดได้อย่างอัตโนมัติ

ผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้อง

Ucall[10] เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดค่าใช้จ่ายโดยใช้อุปกรณ์ชื่อ Excel TG 1500V ต่อที่ตู้สาขา PABX โดยระบบจะโทรออกไปยังมือถือผ่านตู้สาขา PABX และส่งต่อไปยัง อุปกรณ์เสริมเพื่อโทรผ่านเครือข่ายที่ได้เหมาจ่ายค่าให้บริการไว้รายเดือน ซึ่งจะสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้มากถ้าเทียบกับปกติที่ใช้เพียงแต่โทรศัพท์พื้นฐานโทรออกอย่างเดียว แต่ระบบนี้จะรองรับการใช้งานเพียงแค่ 1 ช่องทางในการโทรออกเท่านั้นซึ่งอาจไม่ครอบคลุมเรื่องค่าใช้จ่ายและไม่สามาร เปลี่ยนแปลงฐานข้อมูลได้ และในกรณีที่ต้องการใช้มากกว่า 1 สายนั้นระบบก็จะไม่รองรับ ลักษณะการต่อของอุปกรณ์จะเป็นดังภาพที่ 2.8

[10]http://www.ucall.co.th/excel/tg1500v.htm. (2556).

ภาพที่ 2.8 อุปกรณ์ Ucall

ข้อดี

1. สามารถลดค่าใช้จ่ายการโทรออกจากโทรศัพท์พื้นฐานไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่

2. ผู้ใช้งานได้รับความสะดวกสบายขึ้นเนื่องจากสามารถโทรที่โต๊ะทำงานได้เลยไม่จำเป็นย้ายไปโทรศัพท์ส่วนกลางที่สามารถโทรออกไปยังโทรศัพท์มือถือได้

ข้อจำกัด

1. โทรออกได้เพียง 1 ช่องทาง

2. ไม่สามารถค้นหาเส้นทางที่มีต้นทุนที่ต่ำที่สุดได้อย่างอัตโนมัติ

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยที่นำเสนอ

คุณสมบัติ	VoIP A Tool For An Effective Voice Communication Cost Reduction	ผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้อง Ucall	การลดค่าใช้จ่ายในองค์กรด้วยระบบโทรศัพท์ VoIP (Voice over IP System)	งานวิจัยที่นำเสนอ
1. โทรศัพท์ภายในองค์กรที่อยู่ภายในเนตเวิกเดียวกัน	✓	✓	✓	✓
2. โทรออกไปยังปลายทางภายนอกองค์กร	✓	✓	✓	✓
3. โทรออกไปยังปลายทางที่เป็นโทรศัพท์เคลื่อนที่หรือโทรศัพท์พื้นฐานได้	✓	✓	✓	✓
4. สามารถตรวจสอบเบอร์ปลายทางได้ว่าเป็นของผู้ให้บริการรายใดจากฐานข้อมูล				✓
5. เพิ่มความสะดวกสบายให้ผู้ใช้งานสามารถใช้คอมพิวเตอร์แทนโทรศัพท์ที่โต๊ะทำงานได้	✓	✓	✓	✓
6. สามารถเลือกเส้นที่มีต้นทุนการโทรต่ำที่สุดได้อย่างอัตโนมัติ				✓

หมายเหตุ. ในปัจจุบันจากการรวบรวมข้อมูลยังไม่พบงานวิจัยหรือผลิตภัณฑ์ใดที่มีความสามารถในการทำ least cost routing ที่สามารถค้นหาเส้นทางที่อัตราค่าโทรต่ำที่สุดได้อย่างอัตโนมัติ

บทที่ 3
ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 แนวทางการวิจัยและพัฒนา

แนวทางการวิจัยและพัฒนาของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ มีดังนี้

1. ศึกษาและรวบรวมข้อมูลการทำงานของระบบ

1.1 ศึกษาข้อมูลการใช้งานของโปรแกรม Asterisk เพื่อใช้เป็น Server VoIP ต้นแบบ

1.2 ศึกษาหลักการของการ Complier Card 4FXO เพื่อใช้ร่วมกับ โปรแกรม Asterisk

1.3 ศึกษาเพิ่มเติมการใช้ภาษา PHP ใช้เป็นตัวติดต่อเพื่อเป็นตัวเทียบฐานข้อมูลในการเลือกการช่องทางในการโทรออก

1.4 ศึกษาการทำงานของ PHP.AGI ซึ่งเป็นตัวเชื่อมต่อการทำงานของระบบ Asterisk มายัง Source ภายนอก

1.5 ศึกษาโครงสร้างของระบบโทรศัพท์ IP-PBX

1.6 ศึกษาข้อมูลส่งเสริมการขายของแต่ละผู้ให้บริการ

1.7 ศึกษาการทำงานของระบบปฏิบัติการ Linux ซึ่งเป็นระบบปฏิบัติการหลัก

2. เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

2.1 ฮาร์ดแวร์

2.1.1 คอมพิวเตอร์ทำหน้าที่เป็น Sever ของระบบทำหน้าที่เป็นตัวเลือกเส้นทางในการโทรออกโดยอัตโนมัติ

2.1.2 คอมพิวเตอร์แบบพกพาทำหน้าที่เป็น Client สำหรับผู้ใช้บริการ

2.1.3 หูฟัง Headset ใช้สำหรับส่งสัญญาณเสียงและรับสัญญาณเสียง

2.1.3 การ์ด 4FXO ทำหน้าที่เป็นช่องทางในการเลือกเส้นทางในการโทรออก

2.1.4 GSM Gateway ทำหน้าที่เป็นตัวติดต่อไปยังปลายทางที่ต้องการ

2.1.5 Router ใช้เป็นอุปกรณ์เชื่อมต่อระหว่าง Server และ Client

2.2 ซอฟต์แวร์

2.2.1 ระบบที่พัฒนาขึ้นเลือกใช้โปรแกรมAsterisk 10.8.13 โดยประกอบด้วย

2.2.2 PHP เวอร์ชั่น 5.2.6เป็นภาษาสำหรับการเขียนโปรแกรมช่วยในการตัดสินใจในการเลือกเส้นทางโทรออกของระบบ

2.2.3 MySQL เวอร์ชั่น 5.0.51a ทำหน้าที่เป็นระบบจัดการฐานข้อมูลที่ใช้บนServer

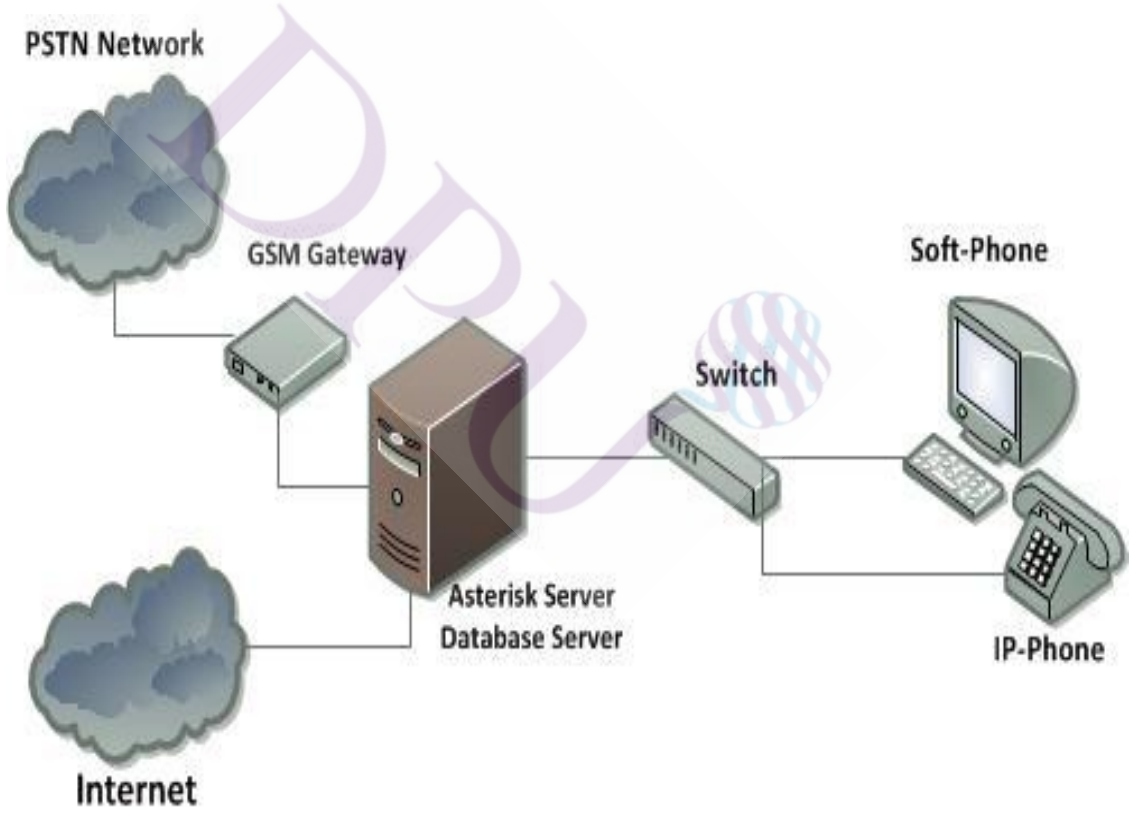
2.2.4 PHPMyadmin เวอร์ชั่น 2.10.3 ทำหน้าที่เป็นตัวจัดการฐานข้อมูล

2.2.5 Linux Ubuntu เวอร์ชั่น 11 ทำหน้าที่เป็นระบบปฏิบัติการหลักของ Server IP-PBX

2.2.6 Xlite เวอร์ชั่น 4 ใช้เป็นโทรศัพท์แบบ Softphone

3.2 รูปแบบการเชื่อมต่อของระบบที่พัฒนา

งานวิจัยนี้ออกแบบและพัฒนา application บน VoIP Sever ต้นแบบที่สามารถเลือกเส้นทางในการโทรออกที่มีต้นทุนต่ำที่สุดโดยอัตโนมัติ เพื่อลดค่าใช้จ่ายขององค์กรที่มีความต้องการติดต่อสื่อสารทางโทรศัพท์ลักษณะของการต่ออุปกรณ์จะแสดงดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 การต่ออุปกรณ์ของระบบต้นแบบระบบการหาเส้นทางโทรศัพท์ที่มีต้นทุนต่ำที่สุด

จากภาพที่ 3.1 แสดงลักษณะการต่อของอุปกรณ์นั้นมีรายละเอียดแต่ละอุปกรณ์ดังนี้

3.1.1 IP-Phone, Soft-Phone ทั้งสองอุปกรณ์ทำงานในลักษณะเดียวกันที่โดยเป็น User ฝั่ง Client โดยอุปกรณ์ดังกล่าวนั้นใช้เลือกเบอร์โทรศัพท์สำหรับโทรออกไปยังปลายทาง

3.1.2 Switch, Router เป็นอุปกรณ์สำหรับรับส่งข้อมูลและเชื่อมต่อระหว่าง Client และ Server

3.1.3 Asterisk Server, Database Server เป็นอุปกรณ์หลักของระบบ IP-PBX โดยจะเป็นอุปกรณ์หลักในการบริหารจัดการระบบโทรศัพท์สร้างหมายเลขหรือการโทรศัพท์ติดต่อกัน เนื่องจาก Asterisk Server จะทำงานเป็นชุมสายระบบ IP และยังเชื่อมต่อการโทรของระบบโทรศัพท์ไม่ว่าภายในโครงข่ายเดียวกันหรือนอกโครงข่ายในกรณีที่ต้องการโทรออกไปยังนอกโครงข่ายมี 2 กรณี ดังนี้

กรณีที่ 1 โทรออกไปยังโครงข่ายอื่นๆ หรือ PSTN (Public Switch Telephone Network) ผ่านการ์ด FXO (Foreign Exchange Office) เนื่องจากปกติแล้ว Asterisk Server จะไม่สามารถแปลงสัญญาณส่งไปยังเครือข่ายPSTN ได้จึงจำเป็นต้องใช้การ์ด FXO มาช่วยแปลงสัญญาณ

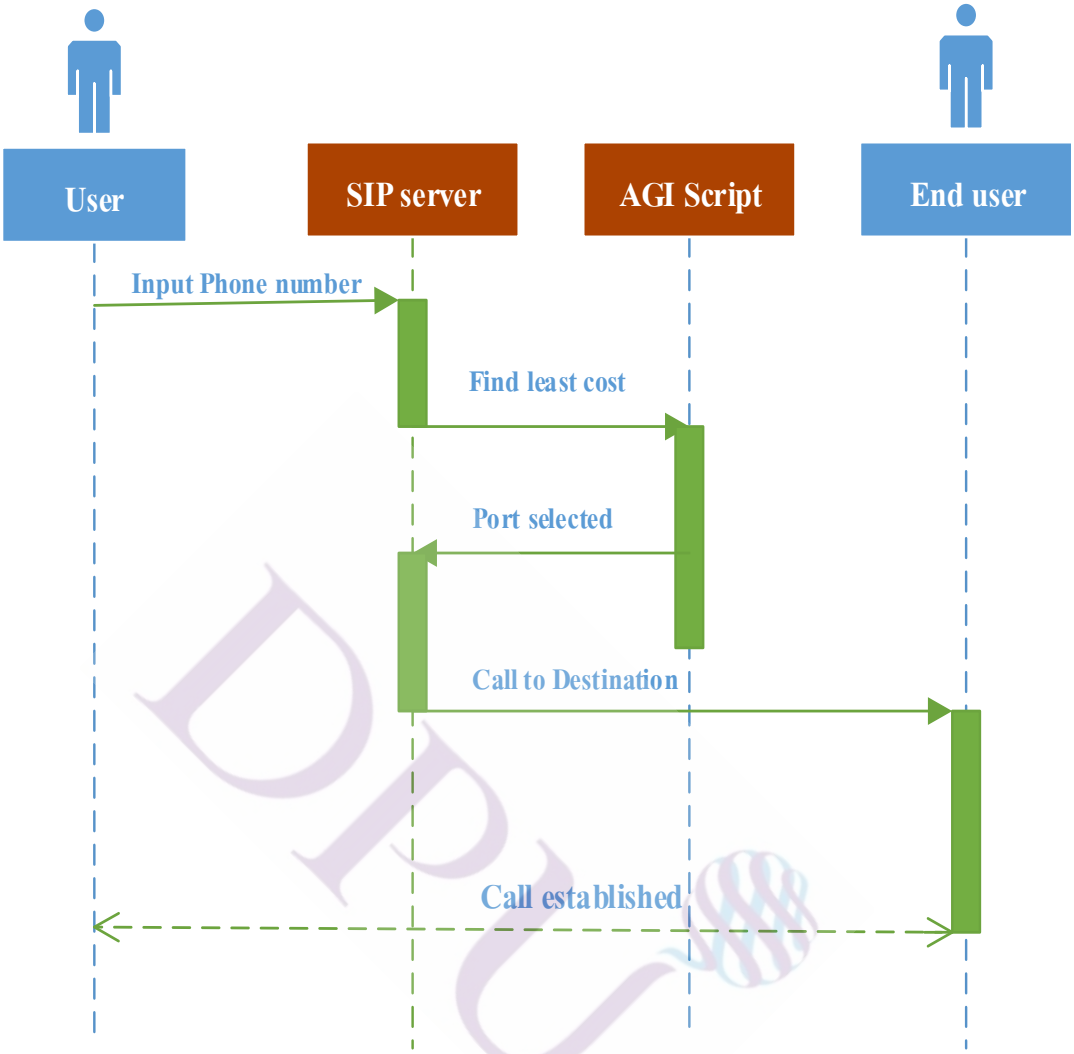
กรณีที่ 2 โทรออกไปยังโครงข่ายอื่นๆ หรือ PSTN ผ่านการ์ด LAN (Local Area Network) โดยจำเป็นต้องต่อผ่านอินเตอร์เน็ตเนื่องจากผู้ให้บริการจะมี Server อีกตัวที่เป็น SIP Trunk เพื่อโทรออกไปยังปลายทางที่เป็น PSTNให้อีกที

3.1.4 อุปกรณ์ GSM Gateway ใช้เป็นอุปกรณ์ที่ต่อเข้ากับเครือข่ายที่เป็นโทรศัพท์มือถือหลังจากการ์ด FXO ส่งสัญญาณมาให้ GSM Gateway เพื่อใช้เครือข่ายที่เป็นโทรศัพท์เคลื่อนที่โทรออกไปยังปลายทาง

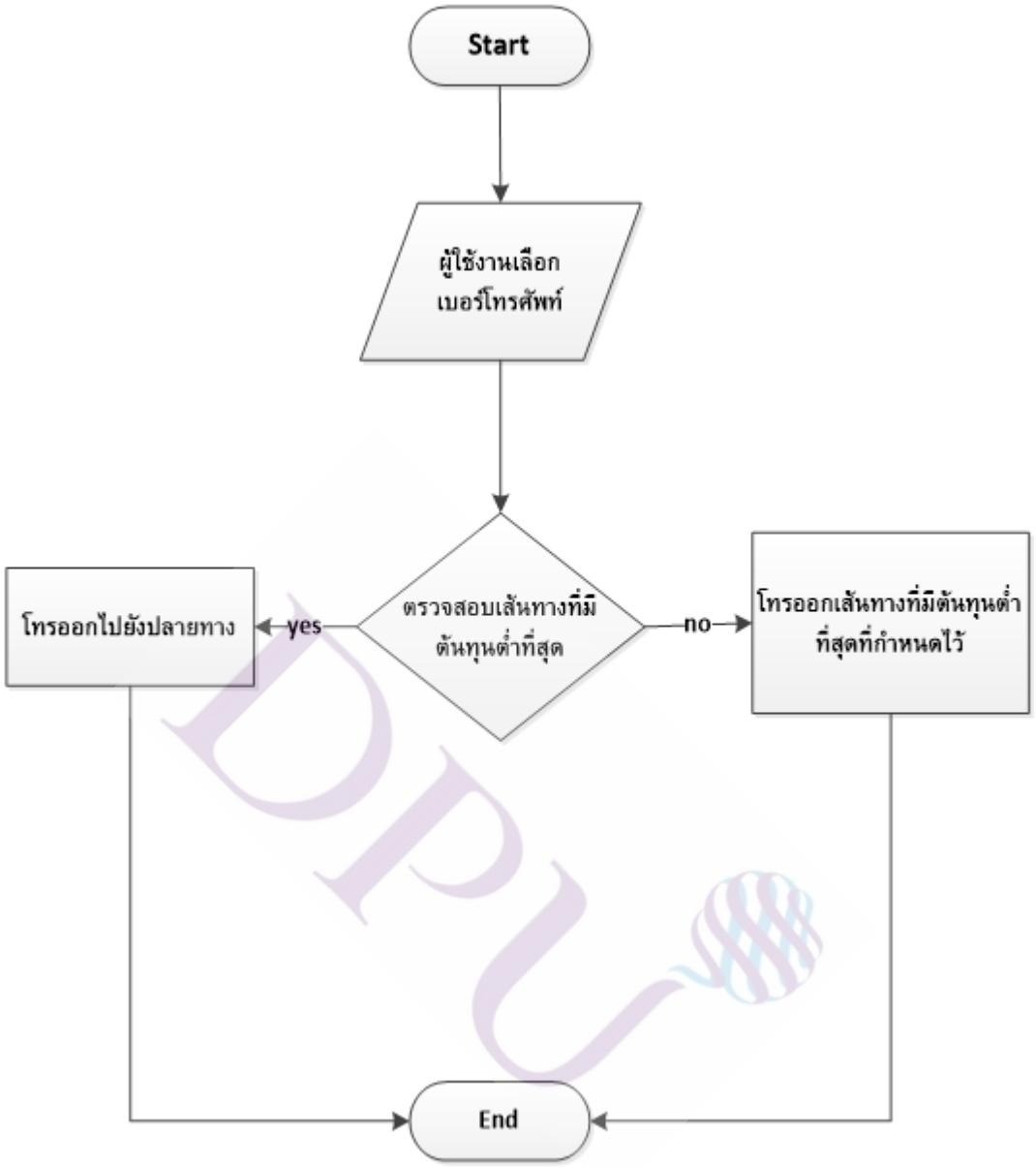
3.1.5 สายสัญญาณของโทรศัพท์พื้นฐานเพื่อต่อเข้ากับการ์ด FXO สำหรับติดต่อไปยังระบบ PSTN

3.3 หลักการทำงานของระบบที่พัฒนา

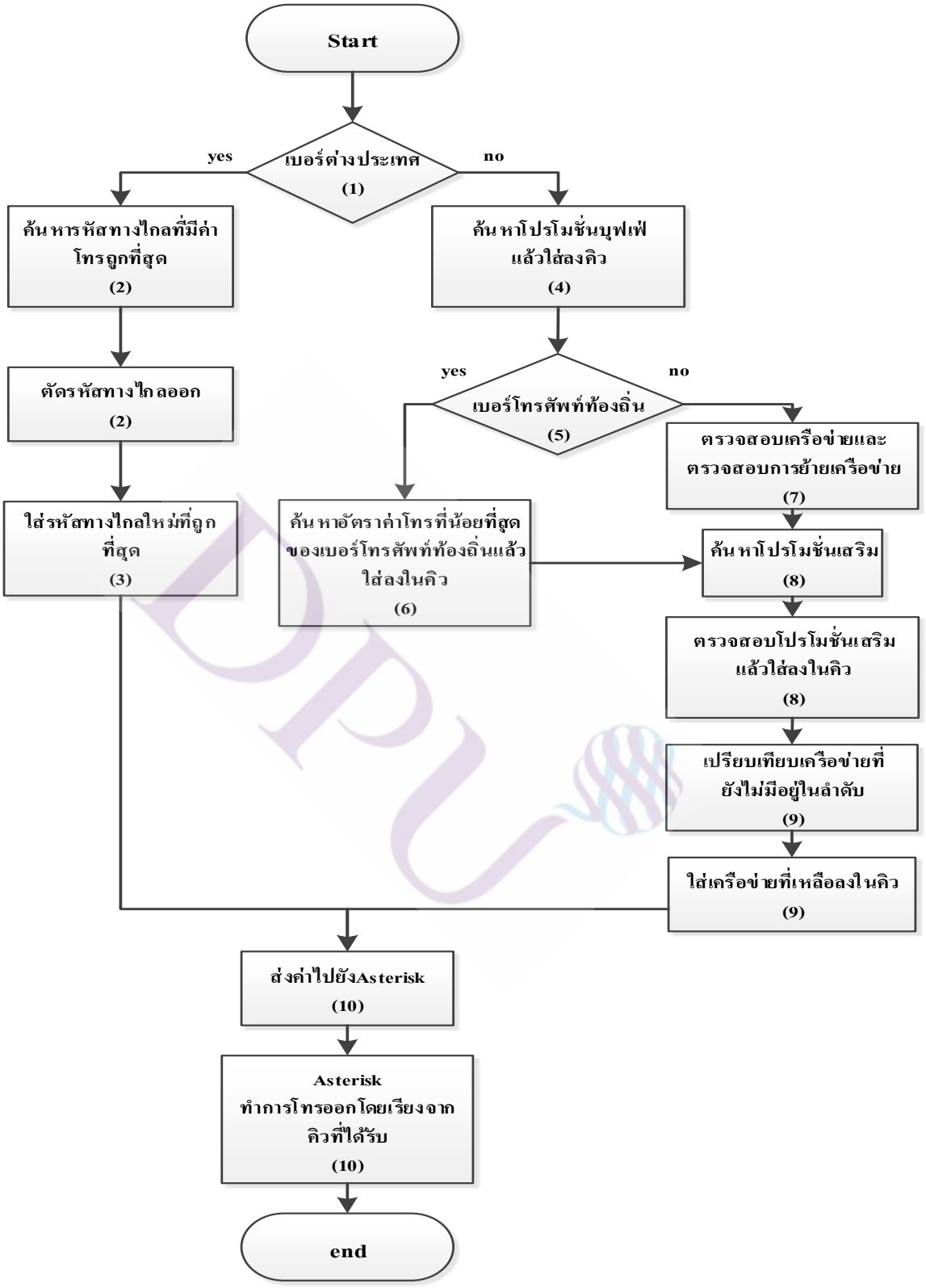
การออกแบบหลักการทำงานของระบบเริ่มจากตรวจสอบเบอร์โทรศัพท์ที่ได้รับมาจากผู้ใช้งานเพื่อให้ทราบเครือข่ายปลายทางโดยตรวจสอบจากฐานข้อมูลที่มีอยู่ หลังจากตรวจสอบเบอร์โทรศัพท์ปลายทางได้แล้วว่าเป็นเครือข่ายใดระบบจะตรวจสอบอัตราค่าโทรศัพท์ต่อนาทีว่าเบอร์โทรศัพท์ที่ได้รับมานั้นอัตราค่าโทรศัพท์เส้นทางไหนมีอัตราค่าโทรศัพท์ต่ำที่สุดแต่ในกรณีที่ไม่พบเบอร์โทรศัพท์ในฐานข้อมูลนั้นระบบจะตรวจสอบอัตราค่าโทรที่มีต้นทุนต่ำที่สุดแล้วส่งโทรออกไปยังปลายทางหรือเรียกอีกอย่างว่า Default gateway ตามลักษณะของ Flowchart สรุปแบบการทำงานแสดงดังภาพที่ 3.2ภาพที่ 3.3 และการทำงานของระบบในการเลือกเส้นทางอย่างละเอียดอย่างละเอียดในภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.2 รูปแบบการทำงานของระบบ



ภาพที่ 3.3 Flowchart รูปแบบการทำงานของระบบ



ภาพที่ 3.4 การทำงานของระบบในการเลือกเส้นทางอย่างละเอียด

ขั้นตอนที่ 1 กลไกการแยกเบอร์โทรศัพท์ทางไกลระหว่างประเทศออกจากเบอร์โทรศัพท์อื่นๆ ลำดับแรกระบบจะรับเบอร์โทรศัพท์มาจาก Asterisk ซึ่งเป็นตัวรับค่าเบอร์โทรศัพท์จากผู้ใช้งานหลังจากนั้นระบบจะแยกเบอร์โทรศัพท์โดยการดูตัวเลข 2 ลำดับแรกและตรวจสอบจำนวนของเบอร์โทรว่ามีมากกว่า 10 ตัวเลขขึ้นไป เช่น ถ้าเป็นเบอร์โทรศัพท์ทางไกลระหว่างประเทศจะขึ้นต้นด้วย 00, 10 และมีจำนวนมากกว่า 10 ตัวเลขขึ้นไป นอกจากนี้เป็นเบอร์โทรศัพท์พื้นฐานหรือโทรศัพท์เคลื่อนที่ และระบบจะตรวจสอบรหัสประเทศปลายทางโดยจะเปรียบเทียบกับรหัสประเทศที่ได้ใส่ข้อมูลไว้ในระบบเพื่อที่จะหาอัตราค่าโทรที่มีค่าบริการถูกที่สุดในแต่ละประเทศนั้นในส่วนการทำงานของ Code นั้นเริ่มจากระบบรับหมายเลขโทรศัพท์มาจาก asterisk ตัดเอาเฉพาะเลข 2 ตัวหน้าหลังจากนั้นตรวจสอบว่าหมายเลขที่ตัดมามีค่าเท่ากับเลข“08” และมียาวของหมายเลขเกิน 10 หลักหรือไม่ถ้าเกิน 10 หลักและไม่ใช่ 08 แสดงว่าเป็นหมายเลขต่างประเทศ จะตัดเลขออกมา 2 ตัวใหม่ ซึ่งก็คือรหัสประเทศโดยนำรหัสประเทศไปค้นหาในฐานข้อมูล ถ้าไม่พบระบบจะตัดตัวเลขเพิ่มเป็น 3 ตัว แล้วนำไปเปรียบเทียบในฐานข้อมูลดังภาพที่ 3.5

```
if(($preNumber2digit!='08')&&($len>10)){
        $numberingSplit2 = substr($numbering,3,2);
        $sqlCountry = mysql_query('SELECT * FROM prefixcountry WHERE countryCode
='.$numberingSplit2.' ORDER BY countryCost ASC',$objConnect) or die(mysql_error());
        $rowCountry = mysql_num_rows($sqlCountry);
        if($rowCountry==0){
                $numberingSplit2 = substr($numbering,3,3);
                $sqlCountry = mysql_query('SELECT * FROM prefixcountry WHERE countryCode
='.$numberingSplit2.' ORDER BY countryCost ASC',$objConnect) or die(mysql_error());
                $rowCountry = mysql_num_rows($sqlCountry);
                if($rowCountry==0){
                        $portOrder = 'SELECT * FROM prefixcountry GROUP BY sp ORDER BY
countryCost ASC';
                        $objOrder = mysql_query($portOrder,$objConnect);
```

ภาพที่ 3.5 Code ที่ใช้ตรวจสอบว่าเบอร์โทรศัพท์ที่ได้รับมานั้นเป็นเบอร์โทรศัพท์ที่โทรออกไปยังต่างประเทศ

```
                $resultPrefix = mysql_fetch_array($objOrder);
$prefixNew = $resultPrefix['prefixDistance'];
                $cutPrefix = substr($numbering,3);

//****** New Country Number *************
                $newCountryNumber=  $prefixNew.$cutPrefix;
                //echo $newCountryNumber;

                $sqlLeastCost = mysql_query('SELECT `port` FROM `normalrate` order by
perMinasc',$objConnect);
                while($resultLeastCost=mysql_fetch_array($sqlLeastCost)){
                        if($portSP=='')
                                $portSP = $resultLeastCost['port'];
                        else
                                $portSP = $portSP.'-'.$resultLeastCost['port'];
                }
                echo $newCountryNumber.','.$portSP;
                exit();
```

ภาพที่ 3.5 (ต่อ)

ขั้นตอนที่ 2 กลไกการหารหัสโทรทางไกลระหว่างประเทศที่มีค่าใช้จ่ายถูกที่สุดวิธีการโทรทางไกลระหว่างประเทศนั้นระบบจะพิจารณาจากรหัสโทรทางไกล 3 ตัวแรกแล้วโทรออกไปยังผู้ให้บริการโทรศัพท์ทางไกลระหว่างประเทศ ซึ่งค่าใช้จ่ายนั้นจะเป็นไปตามเครือข่ายต่าง ๆ ตามรหัสขึ้นต้นและ ตรวจสอบรหัสประเทศปลายทางที่ต้องการจะโทรออก เพื่อให้ได้อัตราค่าโทรศัพท์ที่มีค่าบริการถูกที่สุดตามประเทศที่ต้องการจะโทรออก โดยระบบจะคำนวณเลือกผู้ให้บริการที่มีต้นทุนต่ำที่สุดจากข้อมูลราคาที่ผู้ดูแลระบบกรอกเข้าในระบบ และสามารถเพิ่มลดได้ตามต้องการ โดยระบบจะนำข้อมูลดังกล่าวมาจัดอันดับตามค่าใช้จ่ายเรียงลำดับจากต้นทุนต่ำที่สุดไปหาต้นทุนสูงสุดลักษณะการทำงานของCodeการตรวจสอบรหัสทางไกลทั้ง 3 จะเริ่มจากเมื่อได้รหัสโทรทางไกลต่างประเทศ 3 หลักมาจากฐานข้อมูล ระบบจะตัดรหัสโทรทางไกลระหว่างประเทศอันเดิมออก หลังจากนั้นใส่รหัสโทรทางไกลใหม่เข้าไปแทนที่รหัสที่ตัดออก กลายเป็นหมายเลขใหม่แล้วเก็บค่าหมายเลข port แรกที่ได้มาไว้ในตัวแปรหลังจากนั้นเรียงลำดับ port ที่เหลือตามอัตราค่าโทร

ที่ถูกตามลำดับ จึงนำมาเก็บไว้ในตัวแปรแล้วส่งหมายเลขใหม่พร้อมหมายเลข port ให้ asterisk โทรออกไปยังปลายทางดังภาพที่ 3.6

```
$resultPrefix = mysql_fetch_array($sqlCountry);
                        $prefixNew = $resultPrefix['prefixDistance'];
                        $cutPrefix = substr($numbering,3);

                        //****** New Country Number *************
                        $newCountryNumber=  $prefixNew.$cutPrefix;
                        echo $newCountryNumber.',';

                        $portSP =$resultPrefix['sp'];
                        $portSP = spToPortNo($portSP);
                        $sqlLeastCost = mysql_query('SELECT `port` FROM `normalrate`
where `sp`!="'.$resultPrefix['sp'].'" order by perMinasc',$objConnect);
                        while($resultLeastCost=mysql_fetch_array($sqlLeastCost)){
                                $portSP = $portSP.'-'.$resultLeastCost['port'];
                        }

                        echo $portSP;
                        exit();
```

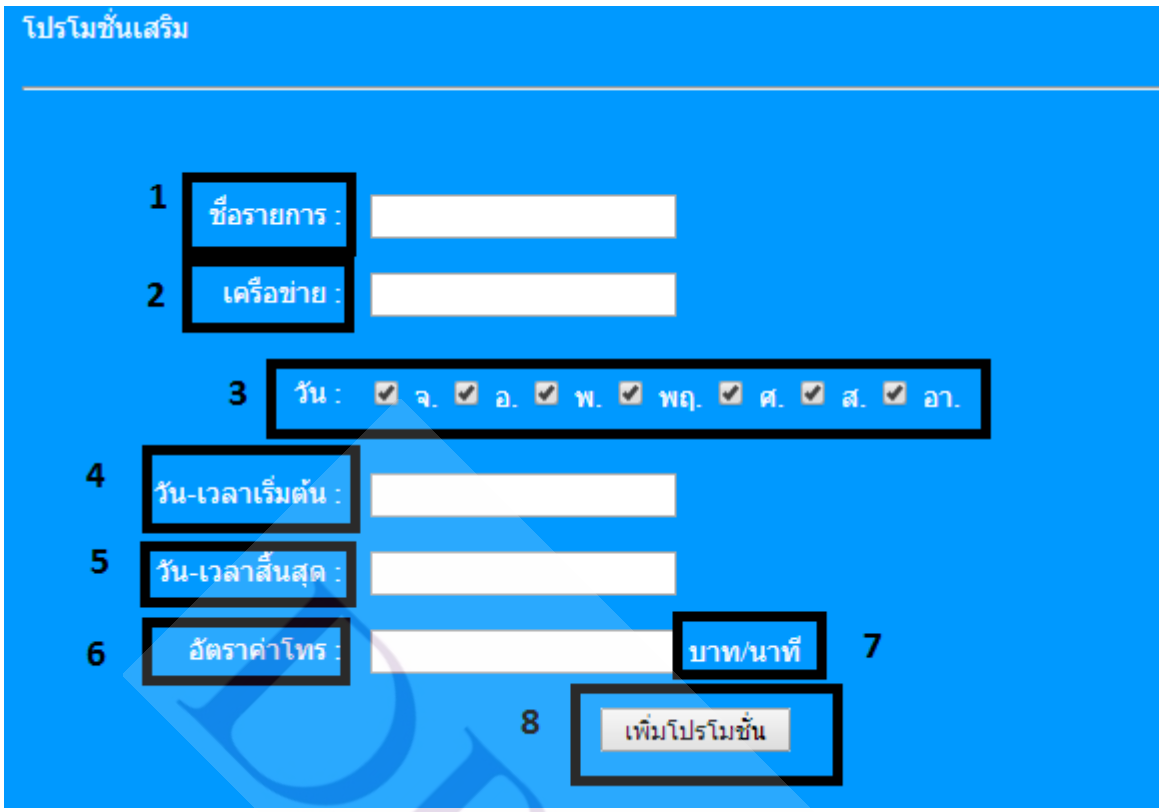
ภาพที่ 3.6 Code ตัดรหัสโทรทางไกล 3 หลักหน้าออกแล้วใส่รหัสโทรทางไกลระหว่างประเทศที่มีอัตราที่ต่ำที่สุดในขณะนั้นลงไปใหม่

ขั้นตอนที่ 3 กลไกการเปลี่ยนรหัสโทรทางไกลระหว่างประเทศและนำรหัสโทรทางไกลระหว่างประเทศที่ถูกที่สุดใส่ลงไปใหม่กลไกนี้จะตัดรหัสโทรทางไกลระหว่างประเทศ 3 หลักแรกออก หลังจากนั้นระบบจะเปลี่ยนรหัสโทรทางไกลระหว่างประเทศ โดยนำรหัสที่จัดอันดับค่าโทรศัพท์ระหว่างประเทศที่มีต้นทุนต่ำที่สุดใส่ลงไปแทนค่าเก่า ซึ่งวิธีนี้จำเป็นต้องเรียงลำดับเครือข่ายที่ใช้ในการโทรออกเหมือนโทรศัพท์ประเภทอื่น แต่จะแตกต่างตรงที่วิธีการคิด

ค่าบริการจะตรวจสอบจากรหัสโทรทางไกลระหว่างประเทศ ไม่ได้ดูจากโครงข่ายที่ใช้โทรออก ลักษณะการตัดรหัสทางไกล และหน้าต่างสำหรับใส่รหัสทางไกลต่างประเทศและตรวจรหัสทางไกลที่มีอยู่ในระบบดังภาพที่ 3.7

ภาพที่ 3.7 หน้าต่างการใส่ข้อมูลรหัสทางไกลระหว่างประเทศ

ขั้นตอนที่ 4 กลไกการตรวจสอบว่ามีโปรโมชั่นบุฟเฟ่ต์หรือไม่กรณีที่ไม่ใช่การโทรทางไกลระหว่างประเทศ ระบบจะตรวจสอบข้อมูลในระบบว่ามีโปรโมชั่นบุฟเฟ่ต์หรือไม่ โดยปกติแล้วโปรโมชั่นบุฟเฟ่ต์จะจำกัดเป็นช่วงเวลาสามารถโทรออกได้ไม่จำกัดเครือข่ายและระยะเวลา เช่น ถ้าโปรโมชั่นตั้งแต่ 08.00-17.00 น. ของเครือข่ายดีแทค ระบบจะเลือกเครือข่ายดีแทคใส่เข้าไปในคิวการจัดอันดับ ถ้าไม่มีโปรโมชั่นบุฟเฟ่ต์ ระบบก็จะไม่ได้เลือกเครือข่ายใดลงไปในคิวโดยลักษณะการใส่ข้อมูลโปรโมชั่นนั้นแสดงตามภาพที่ 3.8



ภาพที่ 3.8 หน้าต่างการใส่รูปแบบโปรโมชั่น

การใส่ข้อมูลโปรโมชั่นเริ่มจาก

1. ใส่ชื่อของโปรโมชั่น
2. เครือข่ายที่ใช้สำหรับโทรในโปรโมชั่นนี้
3. วันสำหรับระบุว่าโปรโมชั่นนี้ใช้ได้ในวันอะไรบ้างเนื่องจากบางโปรโมชั่นจะมการระบุวันสำหรับการใช้งานไว้ เช่น วันจันทร์ถึงวันศุกร์ โทรฟรี เป็นต้น
4. วันเวลาเริ่มต้น ที่สามารถใช้งานโปรโมชั่นนี้ได้
5. วันเวลาสิ้นสุด ที่เราสามารถใช้โปรโมชั่นนี้ได้
6. อัตราค่าโทร
7. หน่วยของค่าโทรศัพท์
8. ปุ่มสำหรับบันทึกการเพิ่มโปรโมชั่น

ขั้นตอนที่ 5 กลไกการตรวจสอบหมายเลขโทรศัพท์ท้องถิ่นระบบจะตรวจสอบหมายเลขโทรศัพท์ท้องถิ่นจากการดูรหัส 3 หลักแรกจากข้อมูลที่ผู้ดูแลระบบระบุซึ่งจะสามารถปรับเปลี่ยนได้ที่หน้าเว็บเพจสาเหตุที่ต้องระบุเบอร์โทรศัพท์ท้องถิ่นลงไปในระบบใช้สำหรับกรณีที่ต้องการย้าย server ไปใช้งานในต่างจังหวัดระบบก็จะสามารถใช้งานเบอร์โทรศัพท์เป็นเบอร์ท้องถิ่นนั้นๆ ได้อย่างสะดวกและไม่ได้ต้องแก้ไขที่ Code อีก ลักษณะหน้าต่างสำหรับใส่รหัสโทรศัพท์ท้องถิ่นแสดงดังภาพที่ 3.9 และการทำงานของ Code เริ่มจากค้นหาหมายเลขขึ้นต้นของเบอร์โทรท้องถิ่นที่ได้บันทึกไว้ในฐานข้อมูล เป็นหมายเลขใดและมีกี่หลัก หลังจากนั้นตัดหมายเลขโทรศัพท์ที่ได้รับมาจาก asterisk ตามจำนวนหลักที่ได้จากฐานข้อมูลแล้วเปรียบเทียบหมายเลขที่ตัดได้และหมายเลขที่ได้จากฐานข้อมูลว่าตรงกันหรือไม่ถ้าตรงกันจะกำหนดหมายเลข port แรกให้เป็น port local และหาหมายเลข port ที่เหลือเรียงตามอัตราค่าโทรจึงส่งหมายเลข port ที่เรียงลำดับแล้วให้ asterisk โทรออกไปยังปลายทาง รูปแบบ Code ดังภาพที่ 3.10

ภาพที่ 3.9 หน้าต่างการสำหรับใส่รหัสโทรศัพท์ท้องถิ่น

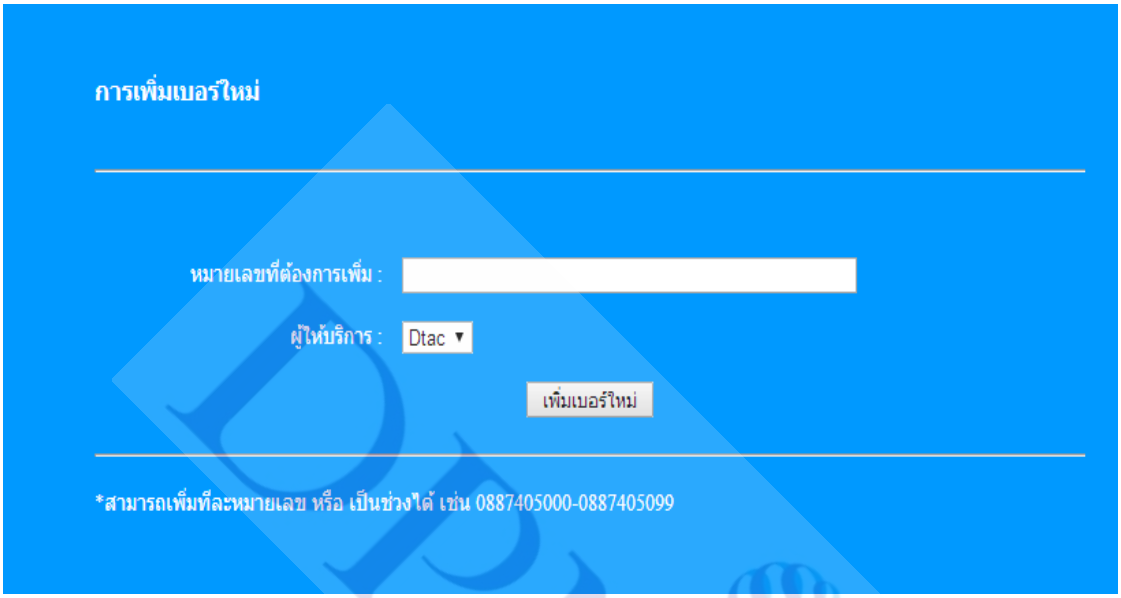
```
$resultPrefix = mysql_fetch_array($sqlCountry);
                        $prefixNew = $resultPrefix['prefixDistance'];
                        $cutPrefix = substr($numbering,3);
                        $portSP = $resultPrefix['sp'];


        //****** New Country Number *************
                        $newCountryNumber=  $prefixNew.$cutPrefix;
                        echo $newCountryNumber.',';
                        $sqlLeastCost = mysql_query('SELECT `port` FROM `normalrate`
where `sp`!="'.$resultPrefix['sp'].'" order by perMinasc',$objConnect);
                        while($resultLeastCost=mysql_fetch_array($sqlLeastCost)){
                                $portSP = $portSP.'-'.$resultLeastCost['port'];
                        }
                        echo $portSP;
```

ภาพที่3.10 Code ตรวจสอบหาเบอร์โทรศัพท์ท้องถิ่น

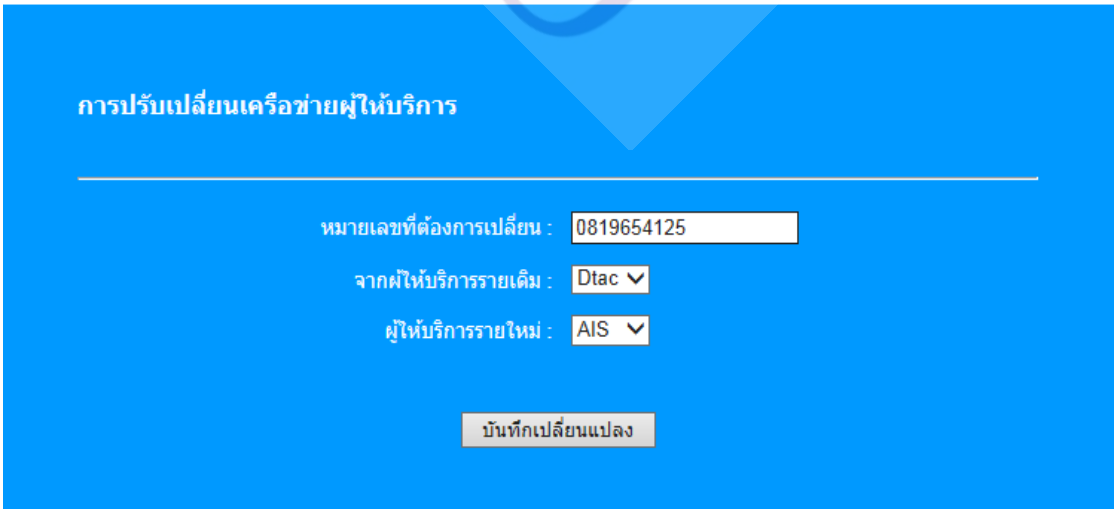
ขั้นตอนที่ 6 กลไกการหาอัตราค่าโทรที่ถูกที่สุดของเบอร์โทรศัพท์ท้องถิ่น ระบบจะตรวจสอบค่าโทรโดยดูจากข้อมูลที่ผู้ดูแลระบบเป็นผู้ระบุ สาเหตุที่ต้องแยกเบอร์โทรศัพท์ท้องถิ่นออกนั้นเนื่องจากการคิดค่าบริการไม่เหมือนกับโทรศัพท์แบบอื่น เนื่องจากถ้าเป็นโทรศัพท์ท้องถิ่นนั้นจะมีบางเครือข่ายที่คิดค่าบริการเป็น บาท/ครั้ง ไม่ใช่เป็น บาท/นาที หลังจากได้ค่าโทรที่ถูกที่สุดแล้วจะใส่เครือข่ายลงไปในคิวการจัดอันดับ

ขั้นตอนที่ 7 กลไกการตรวจสอบเบอร์โทรศัพท์ว่าเป็นของเครือข่ายใดและตรวจสอบการย้ายค่ายโดยใช้เบอร์เดิม (Mobile number portability) ระบบจะตรวจสอบจากเบอร์โทรศัพท์ที่ต้องการโทรออกว่าเป็นเครือข่ายใด โดยตรวจสอบจากฐานข้อมูลที่มีอยู่และสามารถเพิ่ม ลด หรือแก้ไขเครือข่ายในกรณีที่มีการย้ายเครือข่าย โดยใช้เบอร์โทรศัพท์เดิมได้จากผู้ดูแลระบบ ลักษณะการใส่เบอร์โทรศัพท์และเบอร์โทรศัพท์เคลื่อนที่ ที่ย้ายค่ายดังภาพที่ 3.11 และภาพที่ 3.12 โดยการทำงานของ Code จะเริ่มจากตรวจสอบหมายเลขโทรศัพท์ที่ตัดเฉพาะ 2 ตัวหน้าออกว่ามีค่าเท่ากับ “08” หรือ “09” หรือไม่ถ้าใช้ นำหมายเลขที่ได้รับมา ไปเปรียบเทียบในฐานข้อมูลที่เก็บหมายเลขย้ายเครือข่ายถ้ามีหมายเลขในฐานข้อมูล จะดึงค่าชื่อเครือข่ายใหม่ที่เปลี่ยนไปมาเก็บไว้เป็น

หมายเลข port แรกในลำดับดังภาพที่ 3.13 และ Code ตรวจสอบเครือข่ายเบอร์โทรศัพท์เคลื่อนที่เริ่มจากเรียกดูข้อมูลของช่วงหมายเลขเริ่มต้นและหมายเลขสิ้นสุดของแต่ละแถวจากตารางที่ chk_number ที่เก็บไว้ในฐานข้อมูลแล้วจึงเปรียบเทียบหมายเลขที่ได้รับมาจาก asterisk กับช่วงของหมายเลขจากฐานข้อมูลถ้าพบว่าหมายเลขที่ได้รับมาอยู่ในช่วงที่กำหนด ให้เก็บค่าชื่อผู้ให้บริการของช่วงนั้นมาไว้ในตัวแปรตรวจสอบเครือข่ายของโทรศัพท์เคลื่อนที่ดังภาพที่ 3.14



ภาพที่ 3.11 หน้าต่างสำหรับใส่เบอร์โทรศัพท์



ภาพที่3.12 หน้าต่างสำหรับเปลี่ยนแปลงข้อมูลเบอร์โทรศัพท์เคลื่อนที่

```
if($preNumber2digit=='08' && $len==10){
                        $sqlMoveSp = mysql_query('SELECT * FROM movesp WHERE
numbering="'.$numbering.'",$objConnect)or die(mysql_error());

                        $rowMove = mysql_num_rows($sqlMoveSp);

                        if($rowMove!=0){
                                $resultSP = mysql_fetch_array($sqlMoveSp);
                                $portSP = $resultSP['newSP'];
```

ภาพที่ 3.13 Code ตรวจสอบว่ามีการย้ายเครือข่ายของเบอร์โทรศัพท์เคลื่อนที่

```
$selectSql = "SELECT prefixNumberStart,prefixNumberStop,sp FROM chk_number ORDER
BY prefixNumberStart ASC";

                                $objsql = mysql_query($selectSql,$objConnect)or
die(mysql_error());
                                while($result=mysql_fetch_array($objsql)){
                                $sNumber = $result['prefixNumberStart'];
                                $eNumber = $result['prefixNumberStop'];

        if($numbering>=$sNumber&&

$numbering<=$eNumber){
                                                $portSP = $result['sp'];
```

ภาพที่ 3.14 Code สำหรับตรวจสอบว่าเบอร์โทรศัพท์เคลื่อนที่อยู่เครือข่ายใด

ขั้นตอนที่ 8 กลไกการตรวจสอบTopping (โปรโมชั่นเสริม) เนื่องจากบางเครือข่ายผู้ให้บริการมีโปรโมชั่นเสริมแบบโทรในเครือข่ายเดียวกันฟรี หลังจากระบบได้ตรวจสอบเบอร์โทรศัพท์แล้วว่าเป็นเครือข่ายใด จากนั้นจะทำการจับคู่เครือข่ายที่มีโปรโมชั่นเสริมแล้วใส่เครือข่ายนั้นลงไปในคิวการจัดอันดับเพื่อใช้สำหรับโทรออก และโดยวิธีการทำงานของโปรแกรมจะเริ่มจากตรวจสอบว่ามีชื่อผู้ให้บริการอยู่ในตาราง promotion ในฐานข้อมูลหรือไม่ถ้าพบว่ามี จะเปรียบเทียบค่าวันและช่วงเวลาปัจจุบันกับวันและช่วงเวลาที่ได้กำหนดไว้อยู่ในเงื่อนไขหรือไม่ถ้าอยู่ในเงื่อนไข จะเก็บชื่อผู้ให้บริการมาไว้ในหมายเลข port อันดับแรกรูปแบบของ Code แสดงในภาพที่ 3.15

```
$sqlPromo = 'SELECT * FROM promotion WHERE sp = "'.$portSP.'"';
$objPromo = mysql_query($sqlPromo);
$rowsPromo = mysql_num_rows($objPromo);
if($rowsPromo!=0){
        while($resulrPromo = mysql_fetch_array($objPromo)){
        $days = explode(',',$resulrPromo['days']);
        $startTime  = $resulrPromo['startTime'];
        $endTime = $resulrPromo['endTime'];
        if((strtotime($timesNow)>=strtotime($startTime))&&(strtotime($timesNow)<=strtotime
$endTime))){
                                if(in_array($daysNow, $days)){
                                $portSP = $resulrPromo['sp'];
$inTime = 'yes';
                                break;
}else{
                        $inTime = 'no';
        if($inTime=='')
        $inTime = 'no';
```

ภาพที่ 3.15 Code ที่ใช้ตรวจสอบโปรโมชั่นเสริม

ขั้นตอนที่ 9 กลไกการเทียบเครือข่ายที่ยังไม่มีอยู่ในคิวการจัดอันดับกลไกจะตรวจสอบเครือข่ายที่เหลือที่ยังไม่ได้อยู่ในคิวการจัดอันดับการโทรออก โดยตรวจสอบเครือข่ายที่ยังไม่ได้ถูกเพิ่มลงไปในคิว ด้วยวิธีตรวจสอบเครือข่ายที่ถูกใช้งานไปแล้ว หลังจากนั้นจะเรียงลำดับตามอัตราค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดตามที่ผู้ดูแลระบบระบุโปรโมชั่นไว้ในระบบ ซึ่งเพื่อให้ระบบทำงานให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นระบบจะนำวิธีการตรวจสอบจำนวนการใช้งานของแต่ละช่องทางแล้วนำไปเปรียบเทียบกับค่าเริ่มต้นที่ ผู้ดูแลระบบเป็นคนระบุไว้ด้วยเนื่องจาก ในบ้างกรณีโปรโมชั่นที่ใช้งานนั้นอาจอัตราค่าใช้จ่ายไม่เท่ากัน เช่น หลังจากใช้งานไปจำนวน 300 นาทีแล้ว อัตราค่าโทรศัพท์จะเปลี่ยนเป็น 3 บาท จากที่เริ่มต้น 1 บาท จึงจำเป็นต้องนำจุดนี้ไปคำนวณในระบบเพื่อให้ได้ข้อมูลเพื่อนำไปค้นหาเส้นทางที่มีอัตราค่าโทรต่ำที่สุดในเวลานั้น และหลังจากคำนวณเสร็จแล้วระบบจะเรียงลำดับแล้ว ก็จะส่งข้อมูลให้ Asterisk ต่อไปซึ่งตัวอย่าง Code ที่ใช้สำหรับตรวจสอบการใช้งานของแต่ละเครือข่ายจะแสดงดังภาพที่ 3.16 และ Code ที่ใช้สำหรับตรวจสอบอัตราค่าบริการตามที่ผู้ดูแลระบบระบุในส่วนของการเก็บข้อมูลการใช้งานนั้นระบบจำเป็นจะต้องจะเก็บข้อมูลการโทรเป็นวินาที แต่เนื่องจากการคิดค่าใช้จ่ายของผู้ให้บริการต่างๆจะทำเศษวินาทีของการใช้งานให้เป็นจำนวนเต็มผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องทำให้เป็นจำนวนเต็มตามผู้บริการเพื่อให้ได้ฐานข้อมูลในการคำนวณเส้นทางโทรออกไปยังปลายถูกต้องตามค่าบริการจริงดังภาพที่ 3.17 ซึ่งลักษณะ Code ของการทำให้เป็นจำนวนวินาทีเป็นจำนวนนาทีนั้นแสดงดัง ภาพที่ 3.18

```
$selectMin = mysql_query('SELECT * FROM `normalrate` where
`sp`="".$portSP."",$objConnect);
$resultMin = mysql_fetch_array($selectMin);
$fullMin = $resultMin['totalMin'];
$portNo = spToPortNo(portSP);
require('findSum.php');
if($portNo==1 && $port1>$fullMin){
        $full = 'over';
}else if($portNo==2 && $port2>$fullMin)
   $full = 'over';
```

ภาพที่ 3.16 Code สำหรับตรวจสอบจำนวนการใช้งานของแต่ละเครือข่าย

```
else if($portNo==3 && $port3>$fullMin)
   $full = 'over';
else if($portNo==4 && $port4>$fullMin)
   $full = 'over';
else if($portNo=="trunk" && $trunk>$fullMin)
   $full = 'over';
else
        $full = 'no';
if(($full=='no') && ($inTime=='no')){
        $portSP='';

        $sqlLeastCost = mysql_query('SELECT `port` FROM `normalrate`  order by
perMinasc',$objConnect);

                while($resultLeastCost=mysql_fetch_array($sqlLeastCost)){
                        if($portSP=='')
                                $portSP = $resultLeastCost['port'];

else
                                $portSP = $portSP.'-'.$resultLeastCost['port'];
}else if(($full=='no') && ($inTime=='yes')){
        $portSP=$portNo;
        $sqlLeastCost = mysql_query('SELECT `port` FROM `normalrate` where
`port`!="'.$portNo.'" order by perMinasc',$objConnect);

                while($resultLeastCost=mysql_fetch_array($sqlLeastCost)){
```

ภาพที่ 3.16 (ต่อ)

```
if($portSP==")
                                        $portSP = $resultLeastCost['port'];
                                else
                                        $portSP = $portSP.'-'.$resultLeastCost['port'];


$portSP=";
        $sqlLeastCost = mysql_query('SELECT `port` FROM `normalrate`  order by overLimit
asc',$objConnect);

                        while($resultLeastCost=mysql_fetch_array($sqlLeastCost)){
                                if($portSP==")

                                $portSP = $resultLeastCost['port'];

else
                                $portSP = $portSP.'-'.$resultLeastCost['port'];}
```

ภาพที่ 3.17 Code สำหรับตรวจสอบอัตราค่าบริการตามที่ผู้ดูแลระบบระบุ

```
CREATE TRIGGER IntOfSec
BEFORE INSERT
ON cdr
FOR EACH ROW
BEGIN
  SET NEW.billsec = CEILING((`billsec`)/60)*60;
  END IF;
END;
```

ภาพที่ 3.18 Code ที่ปัดจำนวนวินาทีให้เป็นจำนวนเต็มนาที

ขั้นตอนที่ 10 กลไกส่งค่ากลับไปที่ Asterisk หลังจากนั้น Asterisk จะโทรออก ระบบจะส่งค่าคิวลำดับการโทรออกตามเงื่อนไขที่ได้รับมา ส่งไปให้ Asterisk เพื่อโทรออกเรียงตามลำดับอัตราค่าใช้จ่ายจากน้อยไปหามาก สาเหตุที่ต้องคิวลำดับการโทรส่งไปให้ Asterisk นั้นเนื่องจากในกรณี ที่สายไม่ว่างระบบจะสามารถโทรออกตามลำดับค่าโทรที่มีค่าน้อยในลำดับถัดไป เพื่อให้เป็นไปตามเงื่อนไขของงานวิจัยที่สามารถโทรออกได้ในราคาที่ถูกที่สุด และจะต้องสามารถโทรออกได้ในกรณีที่มีวงจรว่างอยู่โดยรูปแบบเวลาโทรออกนั้นระบบจะใส่เป็นรูปแบบคิวตาม ช่องทางที่ใช้สำหรับโทรออกไปยังปลายทางที่งานวิจัยได้กำหนดไว้คือ1 ช่องทางแบบ Trunk และ 4 ช่องทางแบบ PSTN โดยลักษณะการส่งรูปแบบการโทรไปยัง Asterisk จะแสดงดังภาพที่ 3.19 และลักษณะข้อมูลของผู้ใช้งานจะแสดงดังภาพที่ 3.20

```
  == Using SIP RTP CoS mark 5
    -- Executing [0812049998@default:1] Answer("SIP/100-00000016", "") in new stack
       > 0xb6f147a0 -- Probation passed - setting RTP source address to 192.168.15.6:63776
    -- Executing [0812049998@default:2] Set("SIP/100-00000016", "sp=1-4-trunk-2-3") in new stack
    -- Executing [0812049998@default:3] NoOp("SIP/100-00000016", "1-4-trunk-2-3") in new stack
    -- Executing [0812049998@default:4] AGI("SIP/100-00000016", "checkPort.php,0812049998,1-4-trunk-2-3") in new stack
    -- Launched AGI Script /var/lib/asterisk/agi-bin/checkPort.php
    -- AGI Script Executing Application: (Dial) Options: (dahdi/1-4-trunk-2-3/0812049998)
[Apr 15 19:28:57] WARNING[4558][C-00000016]: app_dial.c:2437 dial_exec_full: Unable to create channel of type 'dahdi' (cause 17 - User busy)
  == Everyone is busy/congested at this time (1:1/0/0)
    -- <SIP/100-00000016>AGI Script checkPort.php completed, returning 0
    -- Executing [0812049998@default:5] Hangup("SIP/100-00000016", "") in new stack
  == Spawn extension (default, 0812049998, 5) exited non-zero on 'SIP/100-00000016'
ubuntu11*CLI>
ubuntu11*CLI>
ubuntu11*CLI>
ubuntu11*CLI>
```

ภาพที่ 3.19 การเรียงลำดับการโทรออกไปยังปลายทางและวิธีการโทรออกของระบบ

โดยภาพที่ 3.19 แสดงถึงลักษณะการเรียงคิวโทรออกไปยังปลายทางตามลำดับ Port ที่มีอัตราค่าบริการถูกที่สุดในกรณีนี้ช่องทางที่ 1 ถูกที่สุดแล้วตามด้วย 4, Trunk, 2 และ 3 ตามลำดับโดยเบอร์ที่ต้องการโทรออกไปยังปลายทางนั้นคือเบอร์ 0812049998 ตามบรรทัดด้านล่าง

ลักษณะของการโทรออกของ ระบบนั้นจะแยกหมายเลขปลายทางออกจากหมายเลขช่องทางที่ต้องการโทรออก หลังจากนั้นจะตรวจสอบลำดับที่ Port ที่ได้รับมาและตรวจสอบช่องสัญญาณว่าว่างหรือไม่ หาก Port ว่างระบบจะสร้างคำสั่งให้โทรออกไปทางช่องทางนั้น แต่ในกรณีที่ Port ที่ต้องการไม่ว่าง (มีการใช้สายอยู่) ระบบจะตรวจสอบในลำดับถัดไปจบครบทั้ง 4 ช่องทางที่ และกรณีที่ตรวจสอบครบทุก Port แล้วไม่มีคู่สายว่างระบบจะตัดสายนั้นทันที

ในส่วนของฐานข้อมูลจะประกอบด้วย 7 ตาราง chk_number, configuration, movesp, normalrate, prefixcountry, promotion, summarylog และรูปแบบการใส่ข้อมูลจะแสดงดังตารางที่ 3.1 - 3.7 ซึ่งความสัมพันธ์ของตารางทั้งหมดจะแสดงในภาพที่ 3.20

ตารางที่ 3.1 chk_number

Field Name	type	Description
prefixNumberStart	text	ช่วงของหมายเลขขึ้นต้น
prefixNumberStop	Text	ช่วงของหมายเลขสุดท้าย
Sp	varchar(100)	ชื่อผู้ให้บริการ

ตารางที่ 3.2 configuration

Field Name	type	Description
Id	Int(11)	Increase number
configName	Text	ชื่อการกำหนดค่า
Value	text	ค่าที่กำหนด

ตารางที่ 3.3 movesp

Field Name	type	Description
Numbering	text	หมายเลขโทรศัพท์
oldSP	Text	ชื่อผู้ให้บริการเดิม
newSP	text	ชื่อผู้ให้บริการใหม่

ตารางที่ 3.4 normalrate

Field Name	type	Description
Id	Int(11)	Increase Number
Port	varchar(200)	หมายเลข port
Sp	text	ชื่อผู้ให้บริการ
totalCost	float	อัตราค่าโทรทั้งหมด
totalMin	Int(11)	จำนวนเวลาที่โทรได้
perMin	float	อัตราค่าโทรต่อนาที
overLimit	float	อัตราค่าโทรต่อนาทีเมื่อใช้เวลาเกิน/อัตราค่าโทรจาก local-mobile

ตารางที่ 3.5 prefixcountry

Field Name	type	Description
Id	Int(11)	Increase Number
Sp	Text	ชื่อผู้ให้บริการ
prefixDistance	text	หมายเลขนำสำหรับโทรทางไกลต่างประเทศ
countryCode	Int(5)	รหัสประเทศ
countryCost	Int(5)	อัตราค่าโทร

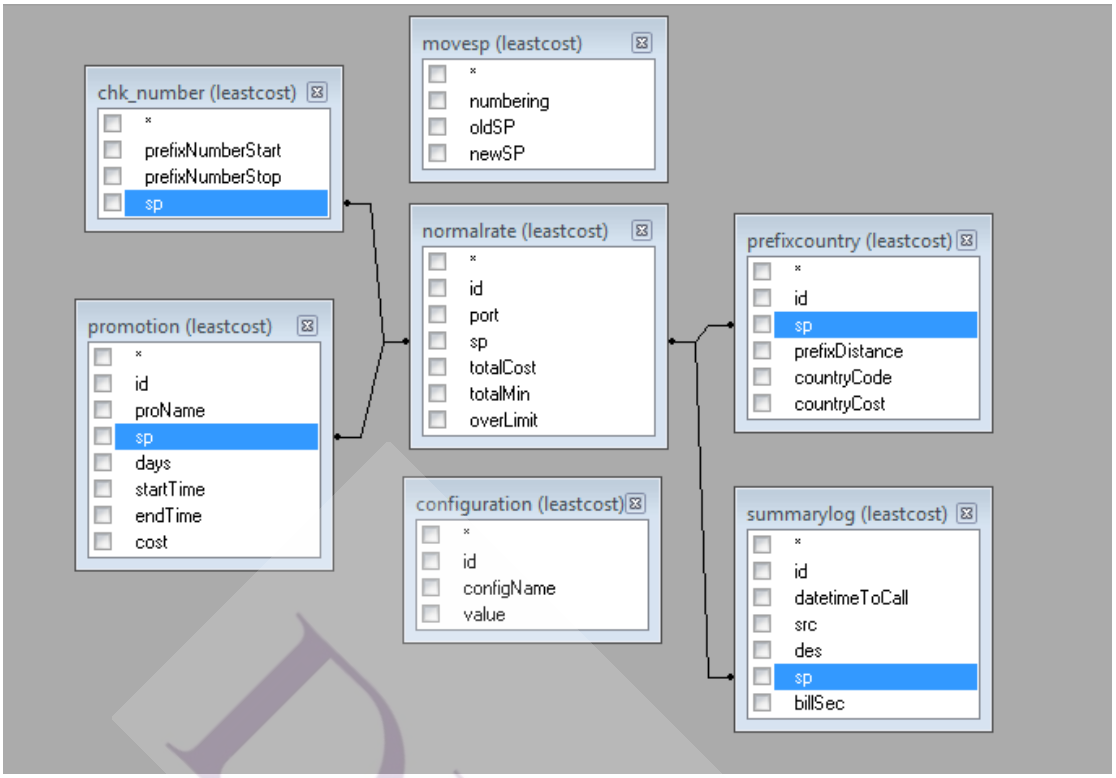
ตารางที่ 3.6 promotion

Field Name	type	Description
Id	Int(11)	Increase Number
proName	Text	ชื่อโปรโมชั่น
Sp	text	ชื่อผู้ให้บริการ
Days	text	ชื่อวันที่ใช้ได้
startTime	time	เวลาเริ่มต้น
endTime	time	เวลาสิ้นสุด
Cost	float	อัตราค่าโทร

ตารางที่ 3.7 summarylog

Field Name	type	Description
Id	Int(11)	Increase Number
datetimeToCall	datetime	วัน-เวลาที่ใช้งาน
Src	varchar(100)	หมายเลขต้นทาง
Des	varchar(100)	หมายเลขปลายทาง
Sp	text	ชื่อผู้ให้บริการ
billSec	Int(11)	เวลาที่ใช้ในการสนทนา

DPU



ภาพที่ 3.20 ความสัมพันธ์ของตารางทั้งหมด

จากความสัมพันธ์ตารางดังภาพที่ 3.20 อธิบายหลักการทำงานได้ดังต่อไปนี้ในการออกแบบฐานข้อมูลได้ทำการออกแบบ E-R diagram ดังภาพ แบ่งออกเป็น 6 ตารางดังนี้

1. ตาราง normalrate เป็นตารางหลักซึ่งใช้เก็บค่าโทรของแต่ละ port และมี field PORT เป็น primary key และมีความเชื่อมโยงกับตารางอื่นโดยใช้ field SP หรือ service provider เป็นตัวเชื่อมโยง

2. ตาราง promotion ทำหน้าที่เก็บโปรโมชั่นของแต่ละ port หรือแต่ละ sp โดยจะเก็บค่าวันและเวลาที่สามารถใช้โปรโมชั่นได้

3. ตาราง prefixcountry ทำหน้าที่เก็บรหัสโทรทางไกลของแต่ละเครือข่าย และรหัสประเทศเพื่อไว้คำนวณหาเส้นทางโทรที่ถูกสุด

4. ตาราง chk_number ทำหน้าที่เก็บหมายเลขโทรศัพท์เคลื่อนที่ของผู้ให้บริการแต่ละราย เพื่อตรวจสอบเบอร์ปลายทางว่าเป็นของผู้ให้บริการรายใด

5. ตาราง movesp ทำหน้าที่เก็บหมายเลขโทรศัพท์ที่มีการย้ายเครือข่ายผู้ให้บริการ เพื่อตรวจสอบว่าเบอร์ปลายทางเป็นของผู้ให้บริการรายใด

6. ตาราง configuration ทำหน้าที่เก็บค่า config ของระบบ เช่น หมายเลขขึ้นต้นของหมายเลขท้องถิ่น

7. ตาราง summarylog ทำหน้าที่เก็บข้อมูลการใช้งานของแต่ละ port ว่ามีการใช้งานอย่างไรบ้าง และเก็บจำนวนเวลาที่ใช้งานเพื่อนำไปคำนวณค่าโทรรายละเอียดความหมายของตารางแสดงดัง ตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8 ความหมายของคำศัพท์ในตารางทั้งหมด

ตาราง	des
Normalrate	เก็บค่าโทรของแต่ละ port
Promotion	โปรโมชั่นเสริมของแต่ละเครือข่าย
prefixcountry	รหัสโทรทางไกลต่างประเทศ
chk_number	หมายเลขของผู้ให้บริการ
Movesp	หมายเลขที่ย้ายเครือข่าย
configuration	ค่า configของระบบ
summarylog	รายละเอียดการใช้งาน

ขั้นตอนการสร้างรูปแบบในการโทรของระบบซึ่งจะเป็นลักษณะการเขียนรูปแบบสำหรับการโทรออกไปยังปลายทาง และรูปแบบของผู้ใช้งานโทรศัพท์โดยไฟล์ที่ใช้สำหรับสร้างแผนการโทรและผู้ใช้งานคือ ไฟล์ extension.conf และ sip.conf นั้นลักษณะการเขียนแผนการโทรแสดงดังภาพที่ 3.21 และภาพที่ 3.22

```
exten=>_XXX,1,answer
same=>n,dial(sip/${EXTEN})
same=>n,hangup


exten=>_0.,1,answer
same=>n,set(sp=${CURL(http://127.0.0.1/leastcost/findport.php?numbering=${EXTEN})})
same=>n,noop(${sp})
same=>n,agi(checkPort.php,${EXTEN},${sp})
;exten=>_0.,1,dial(sip/${EXTEN}@98100001355,30,r)
same=>n,hangup


;
```

ภาพที่ 3.21 แผนการโทรสำหรับใช้งานในระบบ IP-PBX จากไฟล์ extensions.conf

```
[100]
Type=friend
Secret=100
Host=dynamic
;context=default
nat=yes
[200]
Type=friend
Secret=200
Host=dynamic
;context=default
nat=yes
```

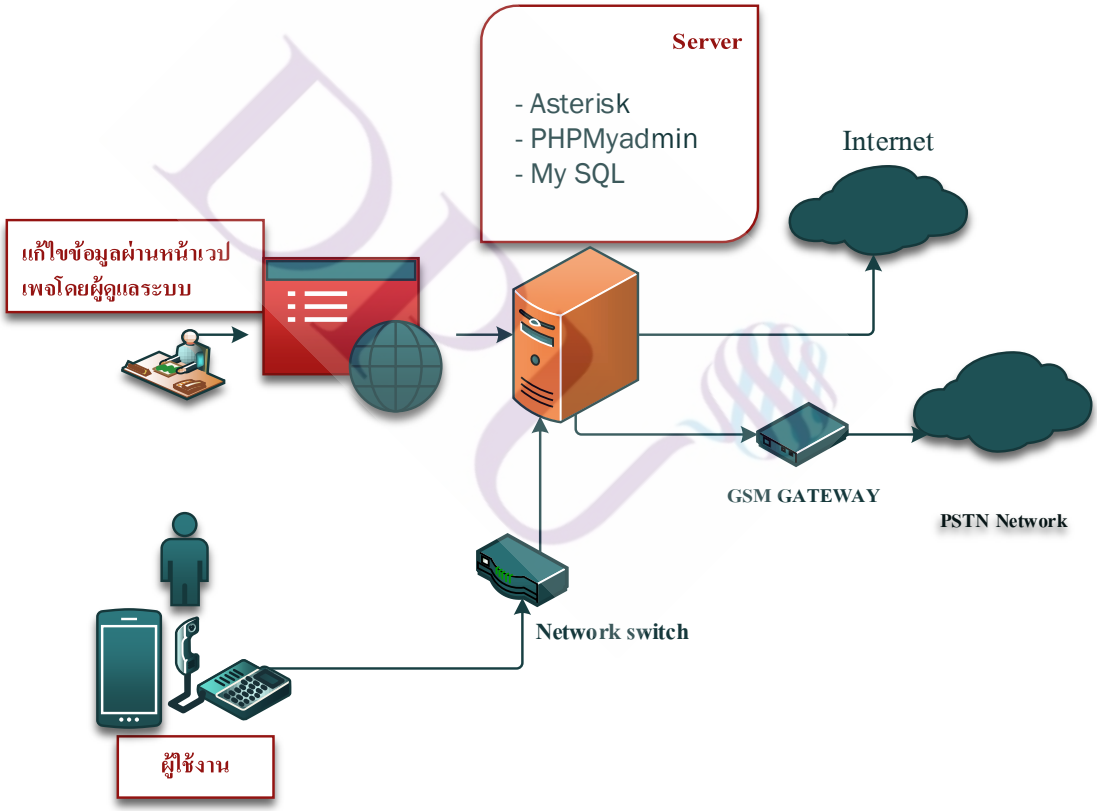
ภาพที่ 3.22 หน้าต่างการสร้างผู้ใช้งานสำหรับใช้งานในระบบ IP-PBX จากไฟล์ Sip.conf

บทที่ 4

การทดสอบระบบ

4.1 การทดสอบระบบ

ในการทดสอบระบบต้นแบบระบบการหาเส้นทางโทรศัพท์ที่มีต้นทุนต่ำ ได้เริ่มทดสอบจากผู้ใช้งานที่เป็นองค์ขนาดเล็กที่มีผู้ใช้งานประมาณ 30-40 คน ใช้โทรศัพท์โทรออกไปยังปลายทาง 2 เส้นทางหลัก คือ 1. Internet 2. PSTN Network ที่ดังแสดงภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 ภาพรวมการทดสอบระบบ

4.2 อุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบระบบ

จากภาพที่ 4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบระบบประกอบด้วย

1) เครื่องคอมพิวเตอร์ Web server, DataBase server และ โปรแกรม Asterisk ที่ใช้สำหรับ VoIP Server

2) เครื่องคอมพิวเตอร์ Client สำหรับผู้ดูแลระบบเพื่อเปลี่ยนแปลงค่าผ่านหน้าเวปเพจ

3) Switch Network ใช้สำหรับเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ปลายทางที่เป็น Computer หรือ SmartPhone ไปยัง Server

4) GSM Gateway ใช้เชื่อมต่อระหว่าง VoIP Server ไปยังเครือข่ายโทรศัพท์ PSTN Network ในงานวิจัยนี้จะใช้ 3 ช่องทางของผู้ให้บริการ 3 ราย

5) Internet ใช้สำหรับเชื่อมต่อระหว่าง VoIP Server ออกไปยัง Internet ในกรณีที่ต้องการโทรออกผ่าน Trunk หรือที่เรียกว่าโทรศัพท์แบบ VoIP ซึ่งจำเป็นต้องใช้ Internet เป็นตัวเชื่อมต่อไปยังปลายทาง

4.3 หัวข้อการทดสอบระบบ

แบ่งการทดสอบออกเป็น 13 หัวข้อ พร้อมกับวัตถุประสงค์การทดสอบของแต่ละหัวข้อดังต่อไปนี้คือ

1) การทดสอบ เพิ่ม-ลด โปรโมชั่น ในระบบ สำหรับการโทรออกไปยังปลายทาง เพื่อให้ผู้ใช้สามารถโทรออกในอัตราค่าบริการที่ต่ำที่สุดในขณะนั้น

2) การทดสอบกำหนดเครือข่ายของเบอร์โทรศัพท์เคลื่อนที่ในระบบ

3) การทดสอบกำหนดย้ายเครือข่ายผู้ให้บริการของเบอร์โทรศัพท์เคลื่อนที่ในระบบ

4) การทดสอบเพิ่มรหัสโทรข้ามประเทศ และรหัสประเทศ

5) การทดสอบเพิ่มรหัสโทรศัพท์ท้องถิ่น

6) การทดสอบโทรออกไปยังปลายทางที่เป็นโทรศัพท์ทางไกลระหว่างประเทศ

7) การทดสอบโทรออกไปยังปลายทาง 4 รูปแบบปลายทางในกรณีที่สายว่างพร้อมใช้งานทุกคู่สาย

7.1 ปลายทางเป็นเครือข่าย A

7.2 ปลายทางเป็นเครือข่าย B

7.3 ปลายทางเป็นเครือข่าย C

7.4 ปลายทางโทรศัพท์ประจำที่

8) การทดสอบโทรออกไปยังปลายทางในกรณีที่คู่สายที่มีอัตราค่าโทรถูกที่สุดอันดับ 1ไม่ว่าง 4 รูปแบบปลายทาง

8.1 ปลายทางเป็นเครือข่าย A

8.2 ปลายทางเป็นเครือข่าย B

8.3 ปลายทางเป็นเครือข่าย C

8.4 ปลายทางโทรศัพท์ประจำที่

9) การทดสอบโทรออกไปปลายทาง ในกรณีที่คู่สายที่มีอัตราค่าโทรถูกที่สุดอันดับ 1 และ 2 ไม่ว่าง 4 รูปแบบปลายทาง

9.1 ปลายทางเป็นเครือข่าย A

9.2 ปลายทางเป็นเครือข่าย B

9.3 ปลายทางเป็นเครือข่าย C

9.4 ปลายทางโทรศัพท์ประจำที่

10) การทดสอบโทรออกไปปลายทาง ในกรณีที่คู่สายที่มีอัตราค่าโทรถูกที่สุดอันดับ 1, 2 และ 3 ไม่ว่าง 4 รูปแบบปลายทาง

10.1 ปลายทางเป็นเครือข่าย A

10.2 ปลายทางเป็นเครือข่าย B

10.3 ปลายทางเป็นเครือข่าย C

10.4 ปลายทางโทรศัพท์ประจำที่

11) การทดสอบโทรออกไปปลายทาง ในกรณีที่คู่สายที่มีอัตราค่าโทรถูกที่สุดอันดับ 1, 2, 3 และ 4 ไม่ว่าง 4 รูปแบบปลายทาง

11.1 ปลายทางเป็นเครือข่าย A

11.2 ปลายทางเป็นเครือข่าย B

11.3 ปลายทางเป็นเครือข่าย C

11.4 ปลายทางโทรศัพท์ประจำที่

12) การทดสอบเพื่อตรวจสอบเวลาการใช้งานของโทรศัพท์ในแต่ละ Port และของระบบ ในกรณีที่เชื่อมต่อกับ SIP trunk

13) การทดสอบเพื่อตรวจสอบเวลาการใช้งานของโทรศัพท์ในแต่ละ Port และของระบบ ในกรณีที่เชื่อมต่อกับ PSTN

การทดสอบที่ 1

การทดสอบเพิ่ม-ลดโปรโมชั่นสำหรับโทรออกไปยังปลายทาง ลงในระบบ

วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบว่าระบบสามารถเพิ่มลดโปรโมชั่นสำหรับโทรออกไปยังปลายทางได้อย่างสมบูรณ์

การทดสอบนี้จะดำเนินการที่ตัว Application Server โดยจะกำหนดโปรโมชั่นที่เลือกใช้งานตามความเหมาะสมของจำนวนการใช้งาน โดยหน้าต่างในการใส่ข้อมูลโปรโมชั่นแสดงดังภาพที่ 4.2 และภาพที่ 4.3 และหน้าต่างแสดงข้อมูลโปรโมชั่นที่อยู่ในระบบแสดงดังภาพที่ 4.4

ภาพที่ 4.2 หน้าต่างในการใส่ข้อมูลโปรโมชั่น

ภาพที่ 4.3 รูปแบบการใส่รายละเอียดของโปรโมชั่นเสริมต่างๆสำหรับโทรออกไปยังปลายทาง

ภาพที่ 4.4 โปรโมชั่นที่มีอยู่ในระบบ และสามารถลบได้ตามต้องการ

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบการเพิ่มลดโปรโมชั่นในระบบ

หัวข้อการทดสอบ	ผลการทำงาน 10 ครั้ง		ความถูกต้องคิดเป็นเปอร์เซนต์
	ถูก	ผิด	
1. สามารถเพิ่มโปรโมชั่นสำหรับโทรออกไปยังปลายทาง	10	0	100%
2. สามารถแก้ไขโปรโมชั่นสำหรับโทรออกไปยังปลายทาง	10	0	100%
3. สามารถลบโปรโมชั่นสำหรับโทรออกไปยังปลายทาง	10	0	100%
4. สามารถแสดงโปรโมชั่นที่ใช้อยู่ในปัจจุบันได้	10	0	100%

จากผลการทดสอบในตารางที่ 4.1 พบว่าระบบสามารถทำงานได้ถูกต้องโดยตรวจสอบจำนวนโปรโมชั่นที่ได้เพิ่มลงไปในระบบ และตรวจสอบจาก database ที่จัดเก็บโปรโมชั่นไว้ พบว่าระบบทำงานได้ถูกต้อง 100%

การทดสอบที่ 2

การทดสอบกำหนดเครือข่ายของโทรศัพท์เคลื่อนที่

วัตถุประสงค์

1) เพื่อทดสอบว่าระบบสามารถเพิ่มเบอร์โทรศัพท์ของแต่ละเครือข่าย ในกรณีทดลองนี้จะมีด้วยกัน 3 ผู้ให้บริการหลัก โดยรูปแบบหน่าต่างสำหรับเพิ่มเบอร์โทรศัพท์ลงในระบบแสดงดังภาพที่ 4.5

2) เพื่อทดสอบว่าระบบสามารถเก็บเบอร์โทรศัพท์ที่ได้เพิ่มลงไปในระบบได้อย่างถูกต้อง

ภาพที่ 4.5 หน้าต่างสำหรับเพิ่มเบอร์โทรศัพท์

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบการกำหนดเครือข่ายให้เบอร์โทรศัพท์เคลื่อนที่

หัวข้อการทดสอบ	ผลการทำงาน 10 ครั้ง		ความถูกต้องคิดเป็นเปอร์เซนต์
	ถูก	ผิด	
1. เพิ่มและกำหนดเครือข่ายให้เบอร์โทรศัพท์เคลื่อนที่	10	0	100%
2. สามารถเก็บเบอร์โทรศัพท์ไว้ใน database	10	0	100%

จากผลการทดสอบในตารางที่ 4.2 พบว่าระบบสามารถทำงานได้ถูกต้อง โดยตรวจสอบจำนวนเบอร์โทรศัพท์และเครือข่ายของเบอร์นั้นๆ จาก database ที่จัดเก็บเบอร์โทรศัพท์ไว้ พบว่าระบบทำงานได้ถูกต้อง 100%

การทดสอบที่ 3

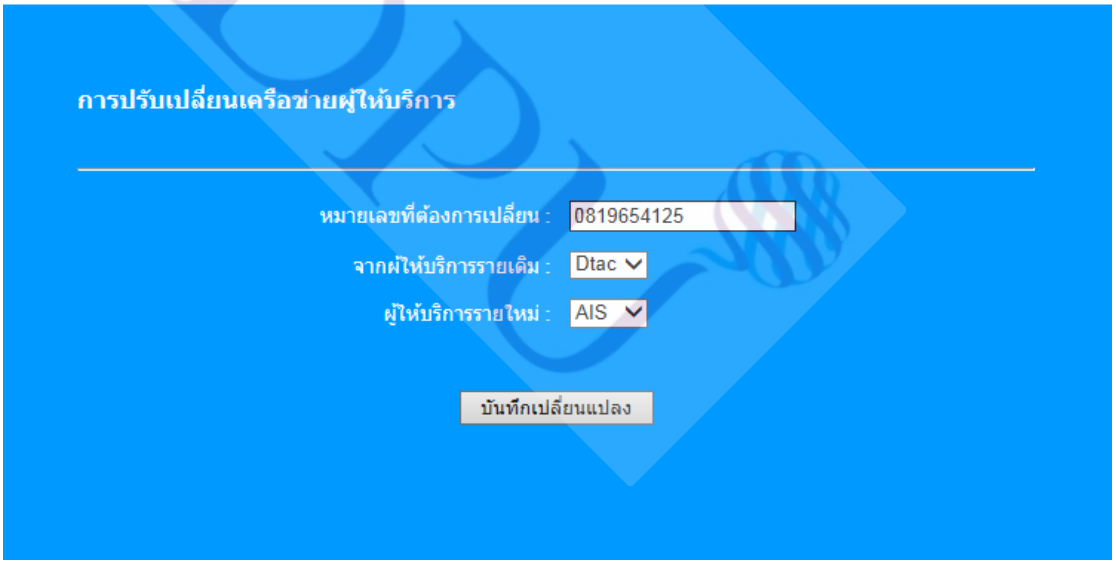
การทดสอบกำหนดย้ายเครือข่ายผู้ให้บริการของเบอร์โทรศัพท์เคลื่อนที่ในระบบ

วัตถุประสงค์

1) เพื่อทดสอบว่าระบบสามารถตรวจสอบเบอร์โทรศัพท์ที่ผู้ดูแลระบบ ได้เปลี่ยนแปลงลงใน database แล้วนั้นถูกต้อง

2) เพื่อทดสอบว่าระบบสามารถเก็บเบอร์โทรศัพท์ที่ย้ายค่ายลงใน database ให้โดยอัตโนมัติ

ทดสอบโดยการย้ายเบอร์โทรศัพท์โดยผู้ดูแลระบบทดสอบใน application โดยการย้ายเครือข่ายของเบอร์โทรศัพท์ จำนวน 10 ครั้ง ดังแสดงในภาพที่ 4.6 และได้ผลดังตารางที่ 4.3



ภาพที่ 4.6 การย้ายเครือข่ายเบอร์โทรศัพท์เคลื่อนที่

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบการย้ายเครือข่ายเบอร์โทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile number portability)

หัวข้อการทดสอบ	ผลการทำงาน 10 ครั้ง		ความถูกต้องคิดเป็นเปอร์เซนต์
	ถูก	ผิด	
1. ย้ายเครือข่ายเบอร์โทรศัพท์เคลื่อนที่	10	0	100%
2. สามารถเก็บเบอร์โทรศัพท์ไว้ใน database	10	0	100%

จากผลการทดสอบในตารางที่ 4.3 พบว่าระบบสามารถทำงานได้ถูกต้อง โดยตรวจสอบจำนวนเบอร์โทรศัพท์ที่เพิ่มลงในระบบ ทั้งจาก database ที่จัดเก็บเบอร์โทรศัพท์ ได้ตามจำนวนที่ได้ย้ายครบถ้วน พบว่าระบบทำงานได้ถูกต้อง 100%

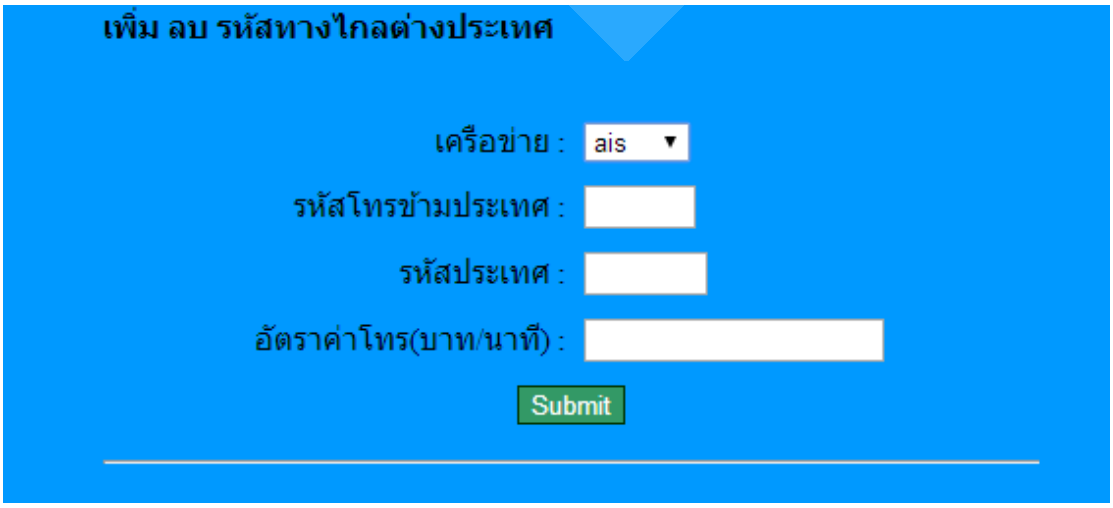
การทดสอบที่ 4

การทดสอบเพิ่มรหัสทางโทรข้ามประเทศ และรหัสประเทศ

วัตถุประสงค์

1) เพื่อทดสอบว่าระบบสามารถเพิ่มรหัสโทรข้ามประเทศ และรหัสประเทศได้อย่างถูกต้อง

ทดสอบโดยการ ใส่รหัสทางไกลระหว่างประเทศผ่านหน้าเว็บเพจ และใส่รหัสโทรข้ามประเทศลงหน้าเว็บเพจเช่นกัน และตรวจสอบใน Database ว่าข้อมูลถูกต้องหรือไม่และตรวจสอบหน้าแสดงผลว่าสามารถลบหรือแก้ไขข้อมูลได้หรือไม่ ซึ่งหน้าต่างสำหรับใส่รหัสโทรทางไกลระหว่างประเทศและอัตราค่าโทรศัพท์ดังภาพที่ 4.7 และภาพที่ 4.8 ได้ผลการทดสอบตามตารางที่ 4.4



ภาพที่ 4.7 หน้าต่างสำหรับใส่รหัสโทรทางไกลระหว่างประเทศและอัตราค่าโทรศัพท์

เครือข่าย	รหัสโทร	รหัสประเทศ	อัตราค่าโทร	ลบ
ais	003	65	3	
ais	003	60	4	

ภาพที่ 4.8 หน้าต่างแสดงรหัสโทรทางไกลที่ ได้ระบุในระบบ

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบใส่รหัสโทรข้ามประเทศและรหัสประเทศ

หัวข้อการทดสอบ	ผลการทำงาน 10 ครั้ง		ความถูกต้องคิดเป็นเปอร์เซนต์
	ถูก	ผิด	
1. ทดสอบใส่รหัสโทรข้ามประเทศ	10	0	100%
2. ทดสอบใส่รหัสประเทศ	10	0	100%

จากผลการทดสอบในภาพที่ 4.7 ภาพที่ 4.8 และตารางที่ 4.4 พบว่าระบบสามารถทำงานได้ถูกต้อง รหัสทางไกลระหว่างประเทศ และรหัสโทรทางไกลระหว่างประเทศได้เก็บในฐานข้อมูลเรียบร้อยและแสดงลงในหน้าแสดงข้อมูลรหัสประเทศและรหัสโทรทางไกลอย่างสมบูรณ์ โดยการทำงานคิดเป็นความถูกต้อง 100%

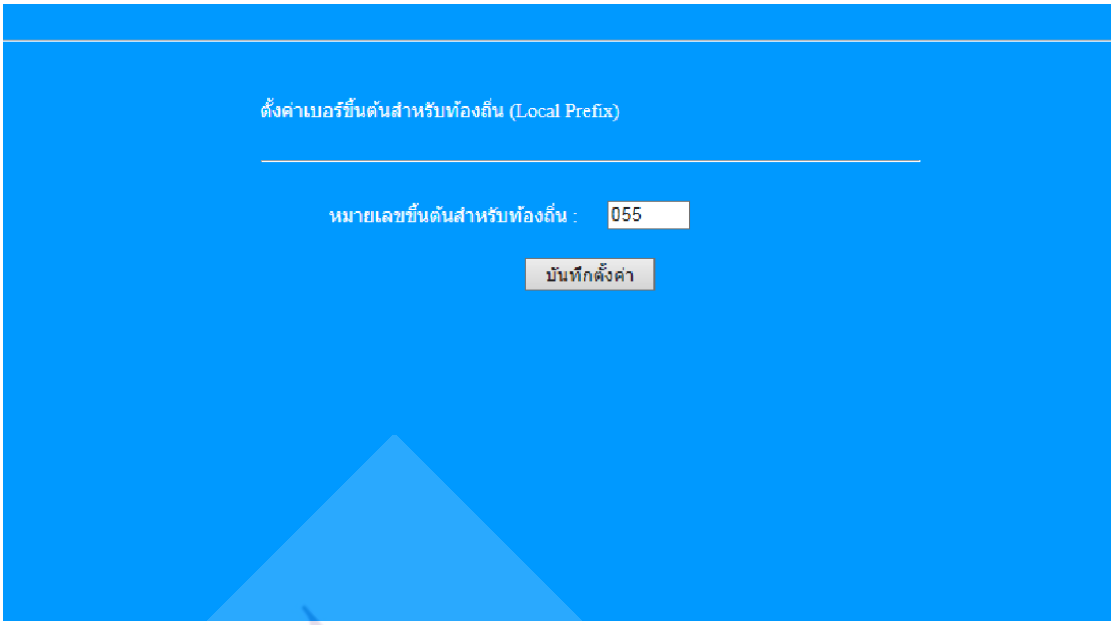
การทดสอบที่ 5

การทดสอบระบุรหัสโทรศัพท์ท้องถิ่น

วัตถุประสงค์

1) เพื่อทดสอบการระบุรหัสโทรศัพท์ท้องถิ่นสำหรับตรวจสอบเบอร์โทรศัพท์ที่ต้องการจะโทรออกไปยังปลายทาง

ทดสอบเพิ่มรหัสเบอร์โทรศัพท์ท้องถิ่นผ่านหน้าเว็บเพจโดยวิธีการตรวจสอบนั้นจะเข้าไปดูการแสดงผลใน database ซึ่งหน้าต่างสำหรับใส่รหัสเบอร์โทรศัพท์ท้องถิ่น เพื่อระบุพื้นที่ท้องถิ่นลงไปในฐานข้อมูล ดังแสดงภาพที่ 4.9 ได้ผลดังตารางที่ 4.5



ภาพที่ 4.9 หน้าต่างสำหรับใส่รหัสเบอร์โทรศัพท์ท้องถิ่น

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบระบุรหัสเบอร์โทรศัพท์ท้องถิ่น

หัวข้อการทดสอบ	ผลการทำงาน 10 ครั้ง		ความถูกต้องคิดเป็นเปอร์เซนต์
	ถูก	ผิด	
1. ทดสอบระบุรหัสโทรศัพท์ท้องถิ่น	10	0	100%
2. ตรวจสอบการเก็บข้อมูลใน database	10	0	100%

จากผลการทดสอบจากตารางที่ 4.5 การใส่เบอร์โทรศัพท์ท้องถิ่นลงในระบบหลังจากตรวจสอบผ่านทั้งทาง database และ หน้าแสดงผลพบว่าระบบทำงานได้อย่างสมบูรณ์ โดยการทำงานคิดเป็นความถูกต้อง 100%

การทดสอบที่ 6

การทดสอบโทรออกไปยังปลายทางที่เป็นโทรศัพท์ทางไกลระหว่างประเทศ

วัตถุประสงค์

1) เพื่อทดสอบว่าระบบสามารถเลือกเบอร์รหัสทางไกลสำหรับโทรไปยังต่างประเทศได้อย่างถูกต้อง

2) เพื่อทดสอบว่าระบบสามารถเก็บรายละเอียดการโทรศัพท์ไปยังปลายทางได้อย่างถูกต้อง

ทดสอบโดยโทรศัพท์ไปยังปลายทางต่างประเทศจำนวน 10 ครั้ง และทดสอบการเก็บข้อมูลการใช้งานของระบบ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบการโทรออกไปยังปลายทางที่เป็นโทรศัพท์ทางไกลระหว่างประเทศ

หัวข้อการทดสอบ	ผลการทำงาน 36 ครั้ง		ความถูกต้องคิดเป็นเปอร์เซนต์
	ถูก	ผิด	
1. สามารถเลือกรหัสทางไกลที่มีต้นทุนต่ำที่สุดได้	10	0	100%
2. สามารถเก็บรายละเอียดการโทรออกไว้ใน database	10	0	100%

จากผลการทดสอบในตารางที่ 4.6 ระบบสามารถเลือกเส้นทางที่มีค่าอัตราค่าโทรต่ำที่สุดได้ พบว่าระบบสามารถทำงานได้ถูกต้อง และตรวจสอบการเก็บข้อมูลใน database พบว่าระบบทำงานได้ถูกต้อง 100%

การทดสอบที่ 7

การทดสอบโทรออกไปยังปลายทาง 4 รูปแบบปลายทางในกรณีที่สายว่างพร้อมใช้งานทุกคู่สาย

วัตถุประสงค์

1) เพื่อทดสอบว่าระบบสามารถเลือกช่องทางที่มีอัตราค่าโทรศัพท์ต่ำที่สุดในช่วงเวลานั้นได้ทั้ง 4 เครือข่ายปลายทาง ในกรณีที่ทุกคู่สายพร้อมใช้งาน

2) เพื่อทดสอบว่าระบบสามารถโทรออกไปยังปลายทางได้ ตามขอบเขตของงานวิจัย ได้ผลตามตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบโทรออกไปยังปลายทางทั้ง 4 รูปแบบเครือข่ายปลายทางในกรณีที่ทุกคู่สายพร้อมใช้งาน

หัวข้อการทดสอบ	ผลการทำงาน 10 ครั้ง		ความถูกต้องคิดเป็นเปอร์เซนต์
	ถูก	ผิด	
1. โทรออกไปปลายทางที่เป็นเครือข่าย A ในกรณีที่ทุกคู่สายพร้อมใช้งาน	10	0	100%
2. โทรออกไปปลายทางที่เป็นเครือข่าย B ในกรณีที่ทุกคู่สายพร้อมใช้งาน	10	0	100%
3. โทรออกไปปลายทางที่เป็นเครือข่าย C ในกรณีที่ทุกคู่สายพร้อมใช้งาน	10	0	100%
4. โทรออกไปปลายทางที่เป็นโทรศัพท์ประจำที่ ในกรณีที่ทุกคู่สายพร้อมใช้งาน	10	0	100%

จากผลการทดสอบในตารางที่ 4.7 พบว่าระบบสามารถทำงานได้ถูกต้อง 100 % โดยตรวจสอบจำนวนการใช้งานโทรศัพท์และข้อมูลการใช้งานใน database

การทดสอบที่ 8

การทดสอบโทรออกไปยังปลายทางในกรณีที่คู่สายที่มีอัตราค่าโทรถูกที่สุดอันดับ 1ไม่ว่าง 4 รูปแบบปลายทาง

วัตถุประสงค์

1) เพื่อทดสอบการโทรออกในลำดับถัดไปของระบบว่าสามารถทำงานได้จริงตามขอบเขตงาน

ทดสอบการทำงานโดยจำลองสถานการณ์ให้คู่สายที่มีอัตราค่าโทรถูกที่สุดเป็นอันดับ 1 ไม่ว่าง แล้วทดสอบว่าเมื่อคู่สายที่มีอัตราค่าโทรถูกสุดเป็นอันดับ 1 ไม่ว่างนั้นระบบสามารถโทรออกไปยังปลายทางโดยใช้ลำดับถัดไปได้หรือไม่ ได้ผลตามตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 สรุปผลการการทดสอบโทรออกไปยังปลายทางในกรณีที่คู่สายที่มีอัตราค่าโทรถูกที่สุดอันดับ 1 ไม่พร้อมใช้งาน 4 รูปแบบปลายทาง

หัวข้อการทดสอบ	ผลการทำงาน 10 ครั้ง		ความถูกต้องคิดเป็นเปอร์เซนต์
	ถูก	ผิด	
1. โทรออกไปปลายทางที่เป็นเครือข่าย A ในกรณีที่คู่สาย 1 ไม่พร้อมใช้งาน	10	0	100%
2. โทรออกไปปลายทางที่เป็นเครือข่าย B ในกรณีที่คู่สาย 1 ไม่พร้อมใช้งาน	10	0	100%
3. โทรออกไปปลายทางที่เป็นเครือข่าย C ในกรณีที่คู่สาย 1 ไม่พร้อมใช้งาน	10	0	100%
4. โทรออกไปปลายทางที่เป็นโทรศัพท์ประจำที่ ในกรณีที่คู่สาย 1 ไม่พร้อมใช้งาน	10	0	100%

จากผลการทดสอบการจำลองสถานการณ์จำนวน 10 calls ระบบสามารถโทรออกลำดับที่ 2 ได้อย่างถูกต้องทั้ง 10 ครั้ง ตามตารางที่ 4.8 ระบบสามารถทำงานได้ถูกต้อง 100 %

การทดสอบที่ 9

การทดสอบโทรออกไปยังปลายทางในกรณีที่คู่สายที่มีอัตราค่าโทรถูกที่สุดอันดับ 1, 2 ไม่พร้อมใช้งาน 4 รูปแบบปลายทาง

วัตถุประสงค์

1) เพื่อทดสอบการโทรออกในลำดับถัดไปของระบบว่าสามารถทำงานได้จริงตามขอบเขตงาน

ทดสอบการทำงานโดยจำลองสถานการณ์ให้คู่สายที่มีอัตราค่าโทรถูกที่สุดเป็นอันดับ 1 และ 2 ไม่ว่าง แล้วทดสอบว่าเมื่อคู่สายที่มีอัตราค่าโทรถูกสุดเป็นอันดับ 1 และ 2 ไม่ว่างนั้น ระบบสามารถโทรออกไปยังปลายทางโดยใช้ลำดับถัดไปได้หรือไม่ ได้ผลตามตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 สรุปผลการทดสอบโทรออกไปยังปลายทางในกรณีที่คู่สายที่มีอัตราค่าโทรถูกที่สุดอันดับ 1, 2 ไม่พร้อมใช้งาน 4 รูปแบบปลายทาง

หัวข้อการทดสอบ	ผลการทำงาน 10 ครั้ง		ความถูกต้องคิดเป็นเปอร์เซนต์
	ถูก	ผิด	
1. โทรออกไปปลายทางที่เป็นเครือข่าย A ในกรณีที่คู่สาย 1, 2 ไม่พร้อมใช้งาน	10	0	100%
2. โทรออกไปปลายทางที่เป็นเครือข่าย B ในกรณีที่คู่สาย 1, 2 ไม่พร้อมใช้งาน	10	0	100%
3. โทรออกไปปลายทางที่เป็นเครือข่าย C ในกรณีที่คู่สาย 1, 2 ไม่พร้อมใช้งาน	10	0	100%
4. โทรออกไปปลายทางที่เป็นโทรศัพท์ประจำที่ ในกรณีที่คู่สาย 1, 2 ไม่พร้อมใช้งาน	10	0	100%

จากผลการทดสอบการจำลองสถานการณ์จำนวน 10 calls ระบบสามารถโทรออกลำดับที่ 3 ได้อย่างถูกต้องทั้ง 10 ครั้งตามตารางที่ 4.9 ระบบสามารถทำงานได้ถูกต้อง 100 %

การทดสอบที่ 10

การทดสอบโทรออกไปยังปลายทางในกรณีที่คู่สายที่มีอัตราค่าโทรถูกที่สุดอันดับ 1, 2 และ 3 ไม่พร้อมใช้งาน 4 รูปแบบปลายทาง

วัตถุประสงค์

1) เพื่อทดสอบการโทรออกในลำดับถัดไปของระบบว่าสามารถทำงานได้จริงตามขอบเขตงาน

ทดสอบการทำงานโดยจำลองสถานการณ์ให้คู่สายที่มีอัตราค่าโทรถูกที่สุดเป็นอันดับ 1, 2 และ 3 ไม่ว่าง แล้วทดสอบว่าเมื่อคู่สายที่มีอัตราค่าโทรถูกสุดเป็นอันดับ 1, 2 และ 3 ไม่ว่างนั้น ระบบสามารถโทรออกไปยังปลายทางโดยใช้ลำดับถัดไปได้หรือไม่ ได้ผลตามตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ทดสอบโทรออกไปยังปลายทางในกรณีที่คู่สายที่มีอัตราค่าโทรถูกที่สุดอันดับ 1, 2 และ 3 ไม่พร้อมใช้งาน 4 รูปแบบปลายทาง

หัวข้อการทดสอบ	ผลการทำงาน 10 ครั้ง		ความถูกต้องคิดเป็นเปอร์เซนต์
	ถูก	ผิด	
1. โทรออกไปปลายทางที่เป็นเครือข่าย A ในกรณีที่คู่สาย 1, 2 และ 3 ไม่พร้อมใช้งาน	10	0	100%
2. โทรออกไปปลายทางที่เป็นเครือข่าย B ในกรณีที่คู่สาย 1, 2 และ 3 ไม่พร้อมใช้งาน	10	0	100%
3. โทรออกไปปลายทางที่เป็นเครือข่าย C ในกรณีที่คู่สาย 1, 2 และ 3 ไม่พร้อมใช้งาน	10	0	100%
4. โทรออกไปปลายทางที่เป็นโทรศัพท์ประจำที่ ในกรณีที่คู่สาย 1, 2 และ 3 ไม่พร้อมใช้งาน	10	0	100%

จากผลการทดสอบการจำลองสถานการณ์จำนวน 10 calls ระบบสามารถโทรออกลำดับที่ 4 ได้อย่างถูกต้องทั้ง 10 ครั้งตามตารางที่ 4.10 ระบบสามารถทำงานได้ถูกต้อง 100 %

การทดสอบที่ 11

การทดสอบโทรออกไปยังปลายทางในกรณีที่คู่สายที่มีอัตราค่าโทรถูกที่สุดอันดับ 1, 2, 3 และ 4 ไม่พร้อมใช้งาน 4 รูปแบบปลายทาง

วัตถุประสงค์

1) เพื่อทดสอบการโทรออกในลำดับถัดไปของระบบว่าสามารถทำงานได้จริงตามขอบเขตงาน

ทดสอบการทำงานโดยจำลองสถานการณ์ให้คู่สายที่มีอัตราค่าโทรถูกที่สุดเป็นอันดับ 1, 2, 3 และ 4 ไม่ว่าง แล้วทดสอบว่าเมื่อคู่สายที่มีอัตราค่าโทรถูกสุดเป็นอันดับ 1, 2, 3 และ 4 ไม่ว่างนั้นระบบสามารถโทรออกไปยังปลายทางโดยใช้ลำดับถัดไปได้หรือไม่ ได้ผลตามตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 สรุปทดสอบโทรออกไปยังปลายทางในกรณีที่คู่สายที่มีอัตราค่าโทรถูกที่สุดอันดับ 1, 2, 3 และ 4 ไม่พร้อมใช้งาน 4 รูปแบบปลายทาง

หัวข้อการทดสอบ	ผลการทำงาน 10 ครั้ง		ความถูกต้องคิดเป็นเปอร์เซนต์
	ถูก	ผิด	
1. โทรออกไปปลายทางที่เป็นเครือข่าย A ในกรณีที่คู่สาย 1, 2, 3 และ 4 ไม่พร้อมใช้งาน	10	0	100%
2. โทรออกไปปลายทางที่เป็นเครือข่าย B ในกรณีที่คู่สาย 1, 2, 3 และ 4 ไม่พร้อมใช้งาน	10	0	100%
3. โทรออกไปปลายทางที่เป็นเครือข่าย C ในกรณีที่คู่สาย 1, 2, 3 และ 4 ไม่พร้อมใช้งาน	10	0	100%
4. โทรออกไปปลายทางที่เป็นโทรศัพท์ประจำที่ ในกรณีที่คู่สาย 1, 2, 3 และ 4 ไม่พร้อมใช้งาน	10	0	100%

จากผลการทดสอบการจำลองสถานการณ์จำนวน 10 calls ระบบสามารถโทรออกลำดับที่ 5 ได้อย่างถูกต้องทั้ง 10 ครั้งตามตารางที่ 4.11 ระบบสามารถทำงานได้ถูกต้อง 100 %

การทดสอบที่ 12

การทดสอบเพื่อตรวจสอบจำนวนเวลาที่ใช้งาน ในกรณีที่เชื่อมต่อกับ SIP Trunk

วัตถุประสงค์

1) เพื่อทดสอบว่าระบบสามารถจัดเก็บข้อมูลการใช้งานโทรศัพท์ไว้ใน database ได้ถูกต้อง

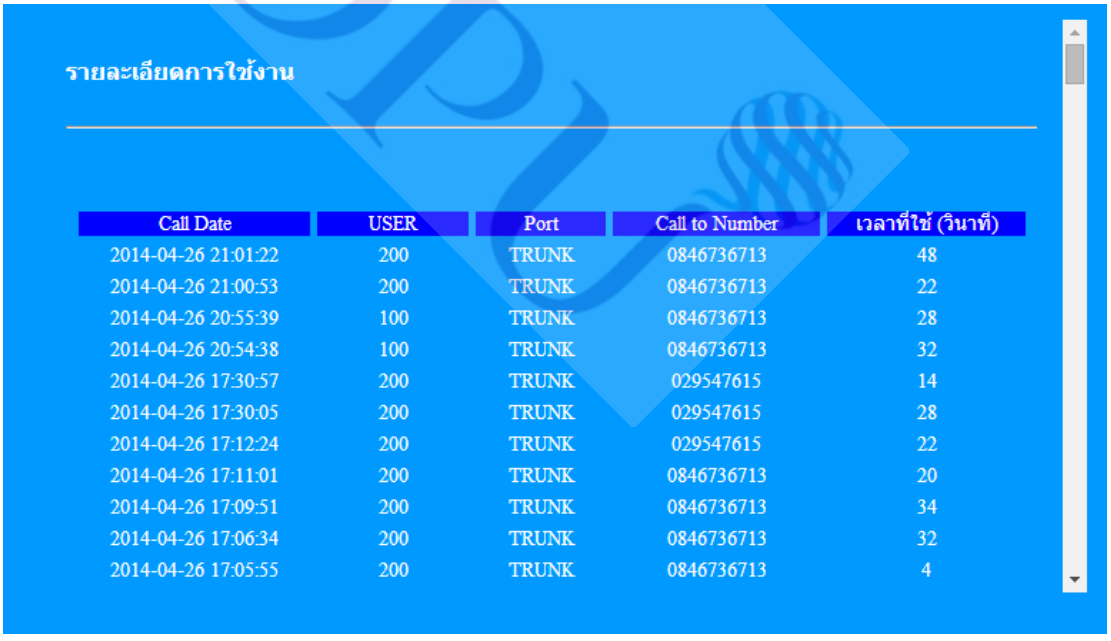
2) เพื่อทดสอบว่าระบบสามารถจัดเก็บข้อมูลในแต่ละ Port ไว้ใน database ได้อย่างถูกต้อง

การทดสอบจำนวนการใช้งานโทรศัพท์นั้นจะทดสอบโทรออกและให้ปลายทางและให้ปลายทางรับสายเพื่อตรวจสอบจำนวนการใช้งานว่าถูกต้องตามจำนวนที่โทรออก จำนวน 10 ครั้ง และตรวจสอบการจัดเก็บข้อมูลการใช้งานลงใน database จำนวน 10 ครั้ง ผลการทดสอบดังตารางที่ 4.12 โดยรูปแบบการแสดงหน้าสำหรับตรวจสอบข้อมูลการใช้งานของระบบแสดงในภาพที่ 4.10 และข้อมูลการใช้งานอย่างละเอียดดังภาพที่ 4.11

สรุปปริมาณการใช้งาน

ช่องสื่อสารที่ (Port No.)	จำนวนเวลาที่ใช้ (นาที)
PSTN 1	0
PSTN 2	6.6
PSTN 3	0.25
PSTN 4	0
TRUNK	0

ภาพที่ 4.10 หน้าสำหรับตรวจสอบข้อมูลการใช้งานของระบบ



รายละเอียดการใช้งาน

Call Date	USER	Port	Call to Number	เวลาที่ใช้ (วินาที)
2014-04-26 21:01:22	200	TRUNK	0846736713	48
2014-04-26 21:00:53	200	TRUNK	0846736713	22
2014-04-26 20:55:39	100	TRUNK	0846736713	28
2014-04-26 20:54:38	100	TRUNK	0846736713	32
2014-04-26 17:30:57	200	TRUNK	029547615	14
2014-04-26 17:30:05	200	TRUNK	029547615	28
2014-04-26 17:12:24	200	TRUNK	029547615	22
2014-04-26 17:11:01	200	TRUNK	0846736713	20
2014-04-26 17:09:51	200	TRUNK	0846736713	34
2014-04-26 17:06:34	200	TRUNK	0846736713	32
2014-04-26 17:05:55	200	TRUNK	0846736713	4

ภาพ 4.11 ข้อมูลการใช้งานอย่างละเอียด

ตารางที่ 4.12 ผลการทดสอบการเก็บข้อมูลการใช้งานในกรณีที่เชื่อมต่อกับ SIP Trunk

หัวข้อการทดสอบ	ผลการทำงาน 10 ครั้ง		ความถูกต้องคิดเป็นเปอร์เซนต์
	ถูก	ผิด	
1. ตรวจสอบจำนวนการใช้งานหลังจากวางสาย	10	0	100%
2. ตรวจสอบการเก็บข้อมูลลง database	10	0	100%

จากผลการทดสอบในตารางที่ 4.12 พบว่าระบบสามารถทำงานได้ถูกต้อง โดยตรวจสอบจำนวนการใช้งานในระบบของผู้ใช้งาน โดยตรวจสอบทั้งจาก database ที่จัดเก็บข้อมูลใช้งาน พบว่าระบบทำงานได้ถูกต้อง 100%

การทดสอบที่ 13

การทดสอบเพื่อตรวจสอบจำนวนเวลาที่ใช้งานของโทรศัพท์ในแต่ละ Port ในกรณีที่เชื่อมต่อกับ PSTN

วัตถุประสงค์

1) เพื่อทดสอบว่าระบบสามารถจัดเก็บข้อมูลการใช้งานโทรศัพท์ไว้ใน database ได้ถูกต้อง

2) เพื่อทดสอบว่าระบบสามารถจัดเก็บข้อมูลในแต่ละPortไว้ใน database ได้อย่างถูกต้อง

การทดสอบจำนวนการใช้งานโทรศัพท์นั้นจะทดสอบโทรออกและให้ปลายทางและให้ปลายทางรับสายเพื่อตรวจสอบจำนวนการใช้งานว่าถูกต้องตามจำนวนที่โทรออก จำนวน 10 และตรวจสอบการจัดเก็บข้อมูลการใช้งานลงใน database จำนวน 10 ครั้ง โดยผลการทดสอบดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ผลการทดสอบการเก็บข้อมูลการใช้งานเชื่อมต่อไปยังเครือข่าย PSTN

หัวข้อการทดสอบ	ผลการทำงาน 10 ครั้ง		ความถูกต้องคิดเป็นเปอร์เซนต์
	ถูก	ผิด	
1. ตรวจสอบจำนวนการใช้งานหลังจากวางสาย	10	0	80%
2. ตรวจสอบการเก็บข้อมูลลง database	10	0	80%

จากผลการทดสอบในตารางที่ 4.13 พบว่าระบบสามารถทำงานได้ถูกต้อง โดยตรวจสอบจำนวนการใช้งานในระบบของผู้ใช้งาน โดยตรวจสอบทั้งจาก database ที่จัดเก็บข้อมูลใช้งานไว้ พบว่าระบบทำงานได้ถูกต้อง 80% สาเหตุได้ทำได้ 80% เนื่องจากการ์ดที่นำมาใช้งานเชื่อมต่อไปยังเครือข่าย PSTN นั้นเป็นแบบ Analog จึงไม่สามารถเก็บค่าการใช้งานแบบเวลาจริงได้ จึงจะมีค่าความคลาดเคลื่อนประมาณ 15-20 วินาที สรุปผลการทดลองทั้งหมดของระบบค้นหาค่าใช้จ่ายแสดงในตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 สรุปผลการทดสอบทั้งหมด

หัวข้อการทดสอบ	ผลการทำงาน		หมายเหตุ
	ได้	ไม่ได้	
1. การทดสอบเพิ่ม-ลดโปรโมชั่นในระบบ	/		
2.การทดสอบกำหนดเครือข่ายของเบอร์โทรศัพท์เคลื่อนที่ในระบบ	/		
3. การทดสอบกำหนดย้ายเครือข่ายผู้ให้บริการของเบอร์โทรศัพท์เคลื่อนที่ในระบบ	/		
4. การทดสอบโทรออกไปยังปลายทาง 4 รูปแบบปลายทางในกรณีที่สายว่างพร้อมใช้งานทุกคู่สาย	/		
5. การทดสอบเพิ่มรหัสโทรข้ามประเทศ และรหัสประเทศ	/		
6. การทดสอบโทรออกไปยังปลายทางที่เป็นโทรศัพท์ทางไกลระหว่างประเทศ	/		
7. การทดสอบเพิ่มรหัสโทรศัพท์ท้องถิ่น	/		
8. การทดสอบโทรออกไปปลายทาง ในกรณีที่คู่สายที่มีอัตราค่าโทรถูกที่สุดอันดับ 1 ไม่ว่าง	/		
9. การทดสอบโทรออกไปปลายทาง ในกรณีที่คู่สายที่มีอัตราค่าโทรถูกที่สุดอันดับ 1,2 ไม่ว่าง	/		
10. การทดสอบโทรออกไปปลายทาง ในกรณีที่คู่สายที่มีอัตราค่าโทรถูกที่สุดอันดับ 1, 2, 3 ไม่ว่าง	/		
11. การทดสอบโทรออกไปปลายทาง ในกรณีที่คู่สายที่มีอัตราค่าโทรถูกที่สุดอันดับ 1, 2, 3, 4 ไม่ว่าง	/		

ตารางที่ 4.14 (ต่อ)

หัวข้อการทดสอบ	ผลการทดลอง		หมายเหตุ
	ได้	ไม่ได้	
12. การทดสอบเพื่อตรวจสอบจำนวนเวลาที่ใช้งาน ในกรณีที่เชื่อต่อกับ SIP Trunk	/		
13. การทดสอบเพื่อตรวจสอบจำนวนเวลาที่ใช้งานของโทรศัพท์ในแต่ละ Port ในกรณีที่เชื่อต่อกับ PSTN	/		คลาดเคลื่อน 15-20 วินาที ต่อครั้ง

DPU

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้เป็นการอภิปรายเพื่อสรุปผลที่ได้จากการทดสอบงานวิจัยรวมทั้งข้อกำจัดของระบบที่พบจากการทดสอบระบบและข้อเสนอแนะสำหรับแนวทางในการพัฒนางานวิจัยนี้ต่อไปเพื่อแก้ข้อบกพร่องของระบบให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 สรุปผลตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยสามารถออกแบบและพัฒนาต้นแบบระบบการหาเส้นทางค่าโทรศัพท์ที่มีต้นทุนต่ำที่สุด และสามารถใช้งานได้ในขณะนั้นๆ

5.1.2 สรุปผลตามขอบเขตของงานวิจัยหลังจากทดสอบระบบในด้านต่างๆแล้วนั้นพบว่าต้นแบบระบบการหาเส้นทางค่าโทรศัพท์ที่มีต้นทุนต่ำที่สุดสามารถลดค่าใช้จ่ายโทรศัพท์ได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบ ของโปรโมชั่นการส่งเสริมการขายของแต่ละผู้ให้บริการได้ เพื่อเพิ่มความสอดคล้องกับการใช้งานในบริษัท หรือ องค์กรที่นำระบบไปใช้ โดยผ่านผู้ดูแลระบบที่จะปรับเปลี่ยนรายการต่างๆผ่านทางทางหน้าเวปเพจ โดยที่ไม่จำเป็นต้องเข้าไปแก้ไขข้อมูลโดยการ Coding รายละเอียดการทำงานของระบบทั้งของ ผู้ใช้งาน และ ของผู้ดูแลระบบ แสดงในตารางที่5.1 และตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.1 สรุปผลการทำงานตามขอบเขตส่วนบริการสำหรับผู้ใช้ทั่วไป

หัวข้อตามขอบเขต	**ผลการทำงาน**	
สำหรับผู้ใช้งาน	**ได้**	**ไม่ได้**
1. ระบบสามารถเลือกช่องทางที่มีอัตราค่าบริการต่ำที่สุดได้	✓	
2.ระบบที่พัฒนาสามารถจำแนกเบอร์โทรศัพท์ปลายทางได้ว่าเป็นของผู้ให้บริการรายใด	✓	
3.ระบบสามารถใช้งานได้พร้อมกัน 5 คู่สาย	✓	

ตารางที่ 5.2 สรุปผลการทำงานตามขอบเขตส่วนการกำหนดค่าในระบบสำหรับผู้ดูแลระบบ

หัวข้อขอบเขต สำหรับผู้ดูแลระบบ	ผลการทำงาน	
	ได้	ไม่ได้
1. เพิ่ม/ลดผู้ใช้งานในระบบได้	✓	
2. เพิ่ม/ลด รหัสโทรทางข้ามประเทศ และ รหัสประเทศได้	✓	
3. เพิ่ม/ลดโปรโมชั่นสำหรับการโทรออกได้	✓	
4. เพิ่ม/ลดเบอร์โทรศัพท์ปลายทางได้	✓	
5. ระบบที่พัฒนารองรับการย้ายค่ายแต่คงสิทธิ์เบอร์เดิม(Mobile number portability)	✓	

จากตารางที่5.1และตารางที่5.2พบว่าระบบต้นแบบการหาเส้นทางค่าโทรศัพท์ที่มีต้นทุนต่ำที่สุดสามารถทำงานได้ตามขอบเขตที่กำหนดไว้

5.2 ข้อจำกัดของระบบ

ข้อจำกัดของต้นแบบระบบการหาเส้นทางค่าโทรศัพท์ที่มีต้นทุนต่ำที่สุดสามารถแยกข้อจำกัดออกเป็นข้อๆได้ดังต่อไปนี้คือ

5.2.1 การเก็บข้อมูลการโทรทั้งหมดของระบบ จะมีค่าความคลาดเคลื่อนประมาณ 15-20 วินาทีในบางครั้งเนื่องจากอุปกร์ณที่ผู้วิจัยใช้นั้นเป็นแบบ Analog จึงไม่สามารถรับค่าได้แบบ Realtime ซึ่งถ้าต้องการรับค่าแบบ Realtime นั้นระบบจะต้องใช้อุปกรณ์ในแบบ Digital ซึ่งมีราคาสูงกว่ามาก

5.2.2 เนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้เป็นปลายทางในการโทรออกในรูปแบบของเครือข่าย PSTN ทางผู้วิจัยได้ใช้อุปกรณ์ที่มีจำนวนช่องทางทั้งหมด 4 ช่องทางออก ซึ่งถ้าในกรณีจำเป็นต้องการเพิ่มช่องทางการโทรออกมากกว่า 4 ช่องทางในระบบเครือข่ายของ PSTN จำเป็นจะต้องซื้ออุปกรณ์ใหม่ที่มีจำนวนช่องทางเพิ่มขึ้น แต่จะมีราคาแพงขึ้นตามจำนวนช่องทางออก

5.2.3 ในการตรวจสอบการใช้งานโทรศัพท์ก่อนที่จะโทรออกไปยังปลายทางนั้น เนื่องจากการ์ด 4FXO ที่ผู้วิจัยซื้อมานั้นไม่ได้เป็นการ์ดที่มีราคาสูง จึงไม่สามารถตรวจสอบสถานของคู่สายได้อย่างเต็มรูปแบบ โดยการ์ดที่ใช้งานนั้นจะสามารถตรวจสอบได้แค่เพียงมีการใช้งานของคู่สายหรือไม่ แต่ถ้าในกรณีไม่ได้เสียบสายนั้นระบบจะ เข้าใจว่ามีสัญญาณสามารถโทรออกได้จึงจะเป็นปัญหาในกรณีที่ไม่ได้เสียบสายโทรศัพท์ไปยังการ์ด 4FXO ซึ่งถ้าเป็นการ์ดที่มีราคาสูงกว่าจะสามารถรับสัญญาณการทำงานได้เต็มความสามารถของระบบ

5.3 ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะของต้นแบบระบบการหาเส้นทางค่าโทรศัพท์ที่มีต้นทุนต่ำที่สุดสามารถแยกข้อเสนอแนะออกเป็นข้อๆได้ดังต่อไปนี้คือ

5.3.1 เนื่องจากการ์ด FXO ที่ใช้เป็นแบบ Analog จึงไม่สามารถเก็บข้อมูลการโทรออกได้ถูกต้อง 100 % ซึ่งถ้าต้องการความถูกต้อง 100 % จึงแนะนำให้ใช้การ์ดแบบ digital ซึ่งจะสามารถรับส่งข้อมูลกับตัว server IP-PBX ได้อย่างถูกต้อง 100 %

5.3.2 เนื่องจากมีข้อจำกัดของจำนวนช่องทางโทรออกไปยังปลายทาง ซึ่งถ้าต้องการเพิ่มจำนวนช่องให้เหมาะสมกับการใช้งานในองค์กรหรือบริษัทที่มีขนาดใหญ่นั้น ระบบสามารถเพิ่มการ์ด FXO ที่เป็นช่องทางการโทรออกให้เพิ่มมากขึ้นตามความเหมาะสมได้

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กิตติพงษ์ สุวรรณราช. (2551). *การออกแบบและติดตั้งระบบโทรศัพท์ IP-PBX ด้วย Asterisk*. กรุงเทพฯ: ออฟเซ็ท เพรส.

กิติศักดิ์ เจริญโภคานนท์. (2543). *คู่มือเรียนเขียนเว็บอีคอมเมิร์ซด้วย PHP 5*. กรุงเทพ: ซัคเซส มีเดีย.

บรรจบ สุขประภาภีณ์.(2544). *เทคโนโลยีการสื่อสารโทรศัพท์ด้วยระบบ VoIP*. กรุงเทพฯ.

สาธิตพงศ์ พุทธิประเสริฐ สินชัย กมลภิวงศ และลัญฉกร วุฒิสิทธิกุลกิจ. (2556). *โปรโตคอลมาตรฐานสำหรับอินเตอร์เน็ทเทเลโฟนี (Internet Telephony Protocols)*. กรุงเทพฯ.

อมตวิทย์ คำแหง. (2556). *การลดค่าใช้จ่ายในองค์กรด้วยระบบโทรศัพท์ VoIP (Voice over IP System)*. สืบค้นเมื่อ 6 มกราคม 2556, จาก http://www.coe.phuket.psu.ac.th/2013/innovation-voip/

รังสิมา เกียรติยุทธชาติ และสมิทธิชัย ไชยวงศ์. (2554). *เทคโนโลยี VoIP. Standard of VoIP Technology*. สืบค้นเมื่อ 6 มกราคม 2556, จาก http://www.vcharkarn.com/varticle/17875#P2.

ระบบ Asterisk คืออะไร และทำงานอย่างไร. สืบค้นเมื่อ 6 มกราคม 2556 จาก http://www.asteriskdiy.com/index.php.

ยูคอล. (2555). *ผลิตภัณฑ์ Ucall ลดค่าใช้จ่าย*. สืบค้นเมื่อวันที่ 10 ตุลาคม 2555 จาก http://www.ucall.co.th/excel/tg1500v.htm.

การ์ด 4 FXO (2555). สืบค้นเมื่อวันที่ 10 ตุลาคม 2555 จาก http://www.voip4share.com/images/shared/tdm400e-3.jpg.

อุปกรณ์ GSM gateway. (2555).สืบค้นเมื่อวันที่ 10 ตุลาคม 2555 จาก http://www.btcdirect.com.au/images/P/neos3000a-01.gif

ภาษาต่างประเทศ

Nir Simionovich. (2013). *Asterisk Gateway Interface 1.4 and 1.6 Programming*. PACKT Publishing

Tito Carlos S. Vieira. (2013). *VoIP A Tool For An Effective Voice Communication Cost Reduction.* Faculty of Engineering of University of Porto

Asteriskdiy. (2013). *Asterisk*. Retrieved February 10, 2011, from http://www.asteriskdiy.com/index.php.

SIP Methods (Basic CALL EXAMPLE). (2013), Retrieved January 4, 2013, from http://www.ithome.com.tw/plog/index.php?.

DPU

ภาคผนวก

ฐานข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลหลักที่ใช้สำหรับคำนวณเส้นทางในการโทรออกไปยังปลายทาง

เนื่องจากอัตราค่าให้บริการของแต่ละเครือข่ายมีอัตราไม่เท่ากันจึงจำเป็นที่จะต้องตรวจสอบทุกเดือนเพื่อให้มีความสอดคล้องกับรูปแบบในการใช้งานซึ่งอัตราค่าบริการจะแสดงให้ดูดังภาพที่ 1-8

	dtac voice 149	dtac voice 299	dtac voice 499	dtac voice 799	dtac voice 1199
ค่าบริการรายเดือน	149 (บาท) สมัครเลย	299 (บาท) สมัครเลย	499 (บาท) สมัครเลย	799 (บาท) สมัครเลย	1,199 (บาท) สมัครเลย
โทรฟรีทุกเครือข่าย	150 นาที	300 นาที	550 นาที	950 นาที	1,600 นาที
โปรโมชั่นพิเศษสำหรับลูกค้าใหม่					
ลูกค้าใหม่รับนาทีโทรเพิ่มนาน 3 รอบบิล	50 นาที	150 นาที	200 นาที	250 นาที	300 นาที
ค่าโทรเฉลี่ยเพียง	0.74 บาท / นาที	0.66 บาท / นาที	0.66 / นาที	0.66 / นาที	0.63 / นาที
โปรโมชั่นพิเศษ					
	พิเศษ! รับเน็ตเพิ่มฟรี 6 GB หรือ 12 GB เพียงเปิดเบอร์ใหม่ ย้ายค่าย หรือ เปลี่ยนมาใช้รายเดือน ด้วยแพ็กเกจ air-tab				
ค่าโทรเกินจากแพ็กเกจ และค่าบริการเสริม					
ค่าโทร	1.50 บาท / นาที	1.50 บาท / นาที	1.50 บาท / นาที	1.50 บาท / นาที	1.50 บาท / นาที
ค่าบริการอินเทอร์เน็ต	1 บาท / นาที	1 บาท / นาที	1 บาท / นาที	1 บาท / นาที	1 บาท / นาที
ค่าบริการ SMS	2 บาท / ข้อความ	2 บาท / ข้อความ	2 บาท / ข้อความ	2 บาท / ข้อความ	2 บาท / ข้อความ
ค่าบริการ MMS	5 บาท / ข้อความ	5 บาท / ข้อความ	5 บาท / ข้อความ	5 บาท / ข้อความ	5 บาท / ข้อความ

ภาพที่ 1 แสดงอัตราค่าบริการที่ใช้สำหรับโทรออกไปยังปลายทางแบบโปรโมชั่นหลัก

	โทรฟรีทุกเครือข่าย	โทรฟรีกลางวัน	โทรฟรีกลางวัน--กลางคืน	โทรฟรีรอบดึก	โทรฟรีเสาร์-อาทิตย์
ค่าบริการรายเดือน	100 (บาท) สมัครเลย	199 (บาท) สมัครเลย	249 (บาท) สมัครเลย	100 (บาท) สมัครเลย	100 (บาท) สมัครเลย
โทรฟรีทุกเครือข่าย	100 นาที	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
โทรฟรีเบอร์ดีแทค	ไม่มี	ไม่จำกัด	ไม่จำกัด	ไม่จำกัด	ไม่จำกัด
จำกัดวัน / เวลา	ไม่จำกัด	ตี 5 - 5 โมงเย็น	4 ทุ่ม - 5 โมงเย็น	4 ทุ่ม - 8 โมงเช้า	เสาร์ - อาทิตย์
ช่องทางการสมัคร	*103*801#	*103*803#	*103*802#	*103*804#	*103*805#

ภาพที่ 2 แสดงอัตราค่าบริการสำหรับโปรโมชั่นเสริมสำหรับโทรออกไปยังปลายทาง

ภาพที่ 3 แสดงอัตราค่าบริการของโปรโมชั่นหลักที่โทรออกไปยังปลายทาง

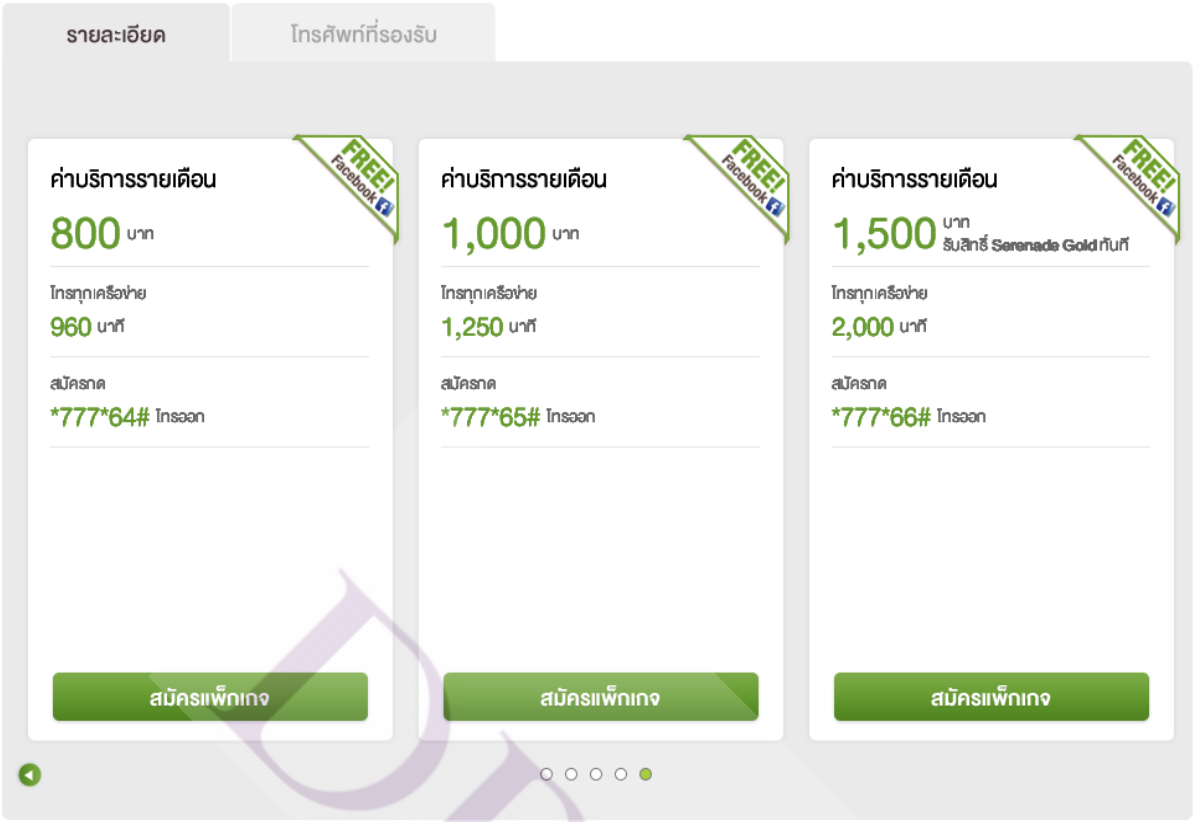
แพ็กเกจเสริมโทรไม่อั้นทรูมูฟ เอช

แพ็กเกจเสริม	ค่าบริการ	รับสิทธิโทรในเครือข่าย ทรูมูฟ เอช	วิธีสมัครใช้บริการ (USSD)
โทรไม่อั้นทรูมูฟ เอช 9	9 บาท ต่อ 1 วัน	โทรในเครือข่ายทรูมูฟ เอช ไม่จำกัดจำนวนครั้ง นานสูงสุด 18 ชั่วโมงต่อวัน ตั้งแต่เวลา 23.00 น. - 17.00 น.	กด *900*9901#
โทรไม่อั้นทรูมูฟ เอช 25	25 บาท ต่อ 3 วัน		กด *900*9902#
โทรไม่อั้นทรูมูฟ เอช 59	59 บาท ต่อ 7 วัน		กด *900*9903#
โทรไม่อั้นทรูมูฟ เอช 13	13 บาท ต่อ 1 วัน	โทรในเครือข่ายทรูมูฟ เอช ไม่จำกัดจำนวนครั้ง นานสูงสุด 24 ชั่วโมง ต่อวัน	กด *900*9904#
โทรไม่อั้นทรูมูฟ เอช 50	50 บาท ต่อ 4 วัน		กด *900*9905#
โทรไม่อั้นทรูมูฟ เอช 85	85 บาท ต่อ 7 วัน		กด *900*9906#
โทรไม่อั้นทรูมูฟ เอช 100	100 บาท ต่อ 30 วัน	โทรในเครือข่ายทรูมูฟ เอช ไม่จำกัดจำนวนครั้ง นานสูงสุด 10 ชั่วโมง ต่อวัน ตั้งแต่เวลา 22.00 น. - 8.00 น.	กด *900*9907#
โทรไม่อั้นทรูมูฟ เอช 199	199 บาท ต่อ 30 วัน	โทรในเครือข่ายทรูมูฟ เอช ไม่จำกัดจำนวนครั้ง นานสูงสุด 12 ชั่วโมง ต่อวัน ตั้งแต่เวลา 05.00 น. - 17.00 น.	กด *900*9908#
โทรไม่อั้นทรูมูฟ เอช 249	249 บาท ต่อ 30 วัน	โทรในเครือข่ายทรูมูฟ เอช ไม่จำกัดจำนวนครั้ง นานสูงสุด 18 ชั่วโมง ต่อวัน ตั้งแต่เวลา 23.00 น. - 17.00 น.	กด *900*9909#

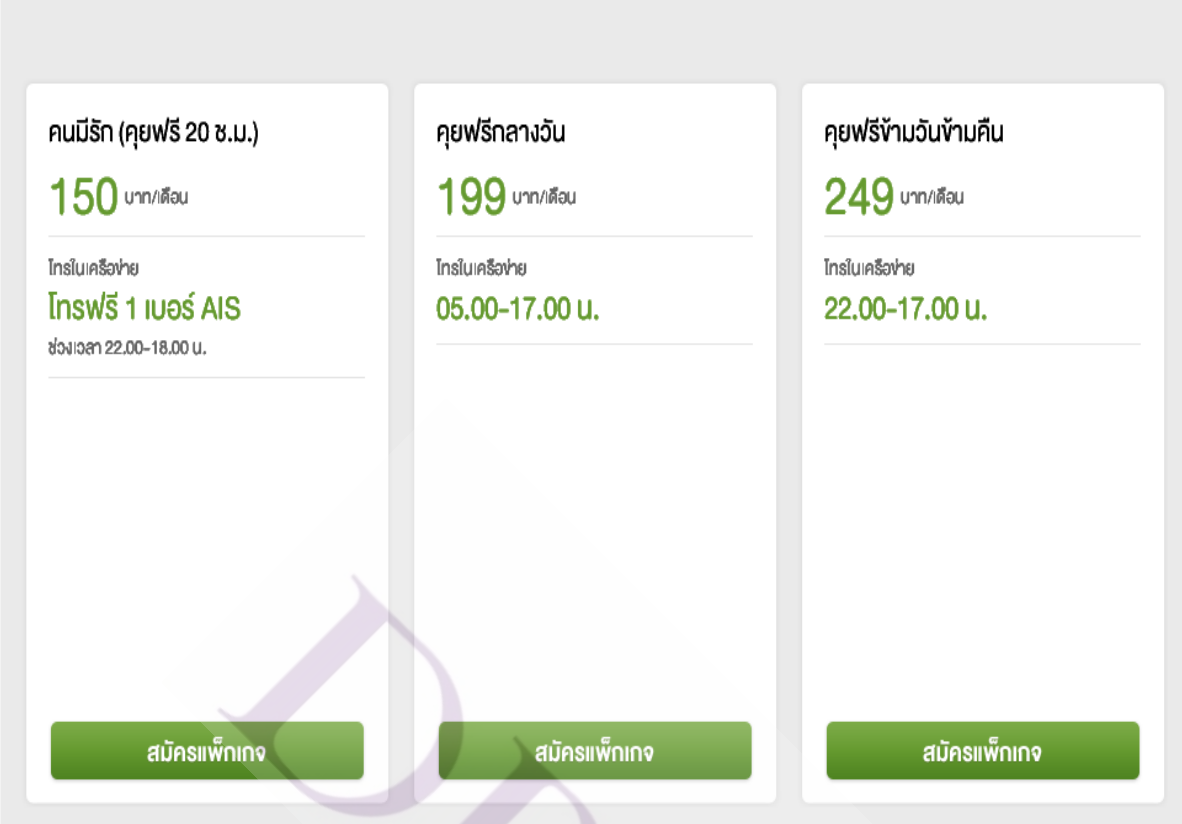
ภาพที่ 4 แสดงอัตราค่าบริการของทรูมูฟเอชแบบโปรโมชั่นเสริม

Package Name	Smart Package
ค่าบริการรายเดือน	200 บาท
ปลายทางโทรศัพท์พื้นฐาน	0.75 บาท/นาที
ปลายทางโทรศัพท์มือถือ TrueMove / TrueMove H	0.75 บาท/นาที
ปลายทางโทรศัพท์มือถือ AIS / DTAC	0.75 บาท/นาที
ปลายทางต่างประเทศ	เริ่มต้น 1 บาท/นาที
สิทธิพิเศษ	ฟรี 300 นาที เฉพาะ True, TrueMove, TrueMove H

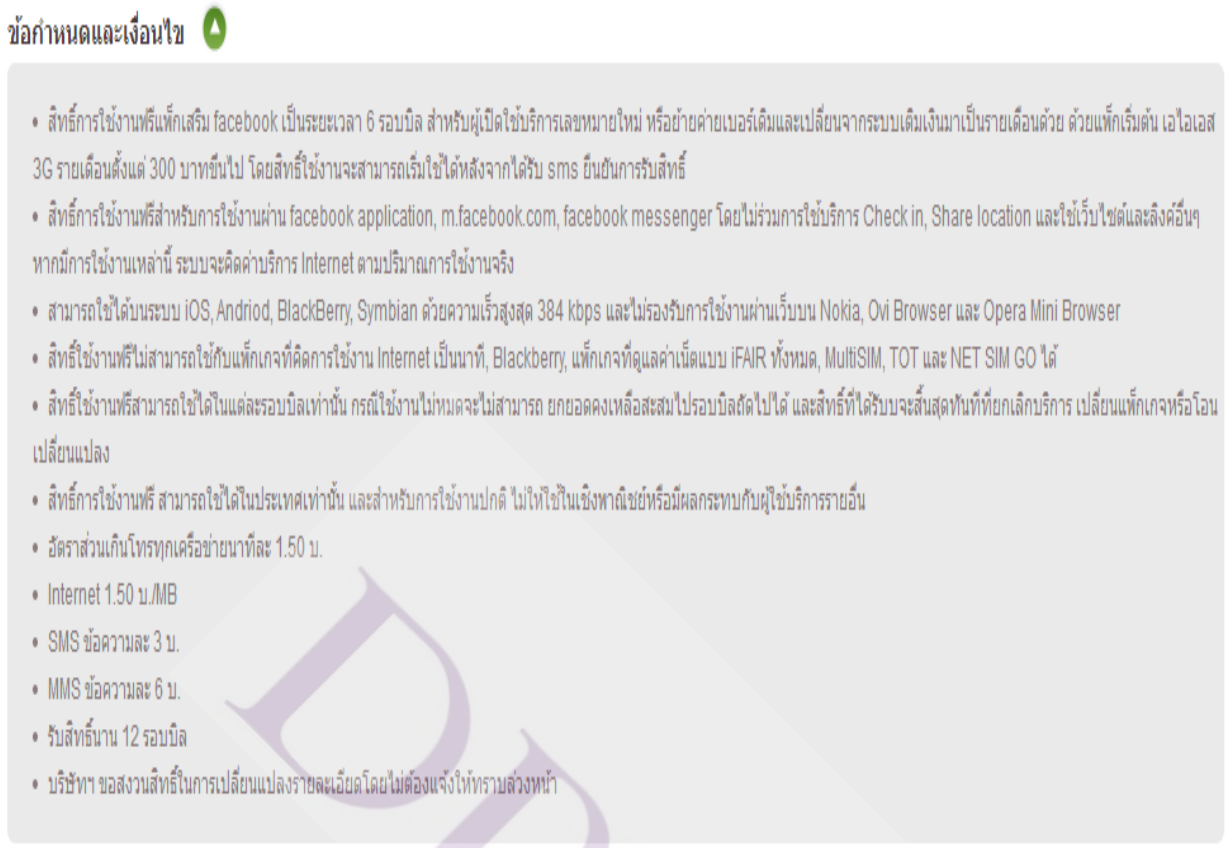
ภาพที่ 5 แสดงอัตราค่าบริการของsip truk ของเครือข่ายทรูมูฟเอช



ภาพที่ 6 แสดงอัตราค่าบริการของเครือข่ายเอไอเอสแบบโปรโมชั่นหลัก



ภาพที่ 7 แสดงอัตราค่าบริการของเครือข่ายเอไอเอสแบบโปรโมชั่นเสริม



ภาพที่ 8 แสดงอัตราค่าให้บริการในกรณีที่นอกเหนือจากโปรโมชั่นที่ได้ซื้อไว้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายพิชัย ธีระโรจน์สกุล
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2553 วิทยาศาสตร์การบินบัณฑิต สาขาอิเล็กทรอนิกส์การบิน สถาบันการบินพลเรือน
ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน	ช่างเทคนิค บริษัทท่าอากาศยานไทยจำกัดมหาชน

DPU